



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební**

**Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství**

## **Studie využití území zaniklého rybníka v areálu zámku Líšno**

## **Study of the use of former pond in the area of Líšno castle**

### **Bakalářská práce**

Studijní program: Stavební inženýrství (B3651)

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby (3647R015)

Vedoucí práce: Ing. Václav David, Ph.D.

**Jiří Souček**

---

**Praha 2016**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta stavební**

Tháškova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Souček	Jméno: Jiří	Osobní číslo: 410105
Zadávající katedra: 143		
Studijní program: Stavební inženýrství (B3651)		
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby (3647R015)		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Studie využití území zaniklého rybníka v areálu zámku Líšno	
Název bakalářské práce anglicky: Study of the use of former pond in the area of Líšno castle	
Pokyny pro vypracování: Zpracujte studii budoucího využití zaniklého rybníka v areálu zámku Líšno s ohledem na potřeby vlastníka. V rámci studie proveďte zhodnocení různých variant budoucího využití plochy rybníka včetně jeho okolí především s ohledem na vodohospodářské řešení. Variantně posuzujte zejména využití formou obnovy funkce vodní nádrže, parkové využití, revitalizační opatření či využití k rozvoji jiným směrem dle konzultací se zástupcem vlastníka areálu. Z technického hlediska zahrňte do studie technické nákresy a náčrty, které budou jedním z podkladů pro posouzení stanovených variant.	
Seznam doporučené literatury: ČSN 752410 Malé vodní nádrže Vrána K., Beran J. (2008). Rybníky a účelové nádrže. Skriptum ČVUT.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Václav David, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 24.2.2016	Termín odevzdání bakalářské práce: 20.5.2016
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

24.2.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Václava Davida, Ph.D. a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování: Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé práce Ing. Václavu Davidovi, PhD., za rady, ochotu a poskytnuté konzultace. Dále bych rád poděkoval správci zámku Líšno Norbertu Szalayovi za umožnění přístupu do areálu, panu Ing. Tomáši Pekovi za poskytnutí situačního zaměření území a v neposlední řadě také Ing. Adamu Vokurkovi, PhD., díky kterému jsem mohl vyčíslit orientační náklady na výstavbu jednotlivých variant. Nakonec bych rád poděkoval všem příbuzným, přátelům a spolužákům za cenné rady a pomoc.

**Abstrakt:** Smyslem a cílem této bakalářské práce bylo vypracovat studii využití území zaniklého rybníka v areálu zámku Líšno. Byly navrženy tři typy řešení. První typ řešení předpokládá vytvoření tůňek a rybníčků jako výsledek kompromisu mezi přírodně blízkým řešením a technickým řešením. Tento typ řešení obsahuje vícero variant řešení, zejména co se napájení soustavy tůňek týče. Druhý typ řešení předpokládá částečné obnovení rybníku zaniklého koncem 18. století. Třetí typ řešení je kombinací prvních dvou typů řešení, tedy kombinace tůní a menšího rybníku. Součástí práce je fotodokumentace současného stavu území, situační výkresy navrhovaných řešení a vyčíslení předpokládaných nákladů jednotlivých variant.

**Klíčová slova:** studie, tůňe, rybník, vodohospodářské řešení

**Abstract:** The purpose and objective of this work was to develop a land use study of the defunct pond in the castle grounds Líšno. They were designed three types of solutions. The first type of solution presupposes the creation of pools and ponds as a result of a compromise between natural-close solutions and technical solutions. This type of solution contains several alternative variants, particularly as regards the supply system pools. The second type of solution assumes a partial restoration of the pond extinct in the late 18th century. The third type of solution is a combination of the first two types of solutions, namely a combination of pools and small pond. The work includes photographs of the current condition of the area, situational drawings of proposed solutions and quantification of expected costs of the various options.

**Keywords:** study, pond, pool, water study

## Obsah

1. Úvod .....	1
1.1. Cíl práce .....	1
2. Popis území.....	1
2.1. Vodoteče .....	2
2.2. Migrační prostupnost vodotečemi .....	3
2.3. Fauna a Flóra .....	4
2.4. Hydrologické podklady .....	5
3. Požadavky na využití území .....	6
4. Jednotlivé varianty .....	6
4.1. Varianta tůní a rybníčků .....	6
4.1.1. Varianta tůní a rybníčků s větším napájecím rybníčkem.....	6
4.1.1.1. Úprava hydrologických dat.....	6
4.1.1.2. Napájecí rybníček .....	7
4.1.1.3. Vytvoření vzdutí.....	8
4.1.1.3. Terénní průleh .....	9
4.1.1.4. Střední vodoteč .....	10
4.1.1.5 Tůně .....	10
4.1.1.6. Dispozice tůní a odvádění přebytečné vody z nich .....	16
4.1.1.7. Výsadba dřevin a péče o tůně .....	16
4.1.1.8. Přístupové cesty .....	16
4.1.1.9. Dnové prahy .....	17
4.1.1.10. Orientační náklady.....	17
4.1.1.11. Celkové zhodnocení varianty .....	17
4.1.2 Varianta tůní a rybníčků napájených odběrem z potoka .....	18
4.1.2.1 Podvarianta napájení přímým odběrem z potoka.....	18
4.1.2.2. Podvarianta napájení odběrem ve dně toku .....	20
4.1.2.3. Celkové zhodnocení obou podvariant.....	20
4.1.2.4. Orientační náklady.....	21
4.2 Varianta částečné obnovy rybníka .....	22
4.2.1. Varianta částečné obnovy rybníka s odbahněním .....	22
4.2.1.1. Prostor zátopy .....	22

4.2.1.2. Hráz.....	22
4.2.1.3. Charakteristické čáry nádrže .....	23
4.2.1.4. Napájecí stoka a vzdouvací objekt .....	24
4.2.1.5. Střední vodoteč .....	24
4.2.1.6. Předzdrž (usazovací nádrž) .....	24
4.2.1.7. Sdružený objekt.....	24
4.2.1.8. Úprava hydrologických dat pro návrh bezpečnostního přelivu .....	25
4.2.1.9. Návrh bezpečnostního přelivu .....	25
4.2.1.10. Skluz a vývar .....	27
4.2.1.11. Průměrná roční bilance nádrže .....	28
4.1.1.8. Přístupové cesty .....	30
4.2.1.12 Orientační náklady .....	30
4.2.1.11. Závěr a diskuze varianty .....	30
4.2.2 Varianta rybníku bez odtěžení sedimentu .....	32
4.2.2.1. Charakteristické čáry nádrže .....	32
4.3. Varianta kombinace menšího rybníku a tůň .....	33
4.3.1. Menší rybník .....	33
4.3.1.1 Hráz a zátopa .....	33
4.3.1.2. Charakteristické čáry nádrže .....	33
4.3.1.3. Sdružený objekt.....	34
4.3.1.4. Vývar a skluz .....	34
Alternativa hluboké tůně.....	35
4.3.2. Tůň.....	35
4.3.3. Přístupové cesty .....	36
4.3.4. Orientační náklady.....	36
4.3.5. Závěr a diskuze varianty .....	36
5. Zhodnocení jednotlivých variant .....	37
6. Závěr .....	39
7. Literatura a zdroje informací.....	41
8. Seznam obrázků .....	42
9. Seznam tabulek .....	42
10. Seznam grafů .....	42

# 1. Úvod

Tato práce je studie návrhů zabývajících se využitím území v areálu zámku Líšno, který se nachází ve stejnojmenné vesnici, která je součástí obce Bystřice nacházející se nedaleko Benešova Jiho-jihovýchodně od Prahy. Jednotlivá řešení se budou zabývat větší horní (západní) částí území o velikosti zhruba 4 hektary, které je odděleno od spodní (východní) části hrází zaniklého rybníku.

## 1.1. Cíl práce

Cílem návrhu je optimálně navrhnout varianty návrhu využití území s ohledem na povahu okolního území, dále s ohledem na výši orientačních nákladů na realizaci jednotlivých variant. Poté se varianty zhodnotí a v závěru se budou se diskutovat výhody a nevýhody jednotlivých variant, případně bude nastíněn další postup a řešení detailnějších problémů.

## 2. Popis území

Zájmové území je rozděleno bývalou hrází rybníka, na dvě části, menší dolní (západní) nacházející se nad místním rybníkem a větší horní (východní).

Rybniční plocha zanikla na konci 18. století pravděpodobně z důvodu nerentabilnosti chovu ryb s celoevropskými příčinami, zejména v čím dál levnějším obilí pro lidi i dobytek. Lokální příčinou bylo pravděpodobně nadměrné ukládání sedimentů, což je možno doložit výškopisem dnešního terénu, který je na vzdušní patě bývalé hráze (u dnešního mostku) na kótě 384,00 m n.m., ale kóta terénu na bývalé návodní patě je 386,00 m n.m., což představuje mocnost sedimentu v tomto nejhlubším místě nádrže 2 metry.



## 2.1. Vodoteče

Větší horní (východní) částí prochází 3 vodoteče. Nejsevernější je v podstatě příkop o proměnlivé hloubce, který vodu odvádí a drénuje horní (severní) území. Na zaměření z roku 1989 je příkop zřetelný po celé délce území. Dnes je jeho počáteční část nezřetelná a zazemněná.



Obrázek 1 Vodoteč protékající střední částí

Vodoteč protékající střední částí, vyvěrá na druhé straně cesty severozápadního cípu zájmového území. Zdroj je silně znečištěný a dle správce zámku pana Norberta Szalaye jsou zřejmě zdrojem znečištění objekty nacházející se severovýchodně od zdroje.



Obrázek 2 Silně znečištěný počáteční zdroj vodoteče procházející střední částí území (foceno 5.3.2016)

V době návštěvy území 5. března 2016 byla pořízena fotografie - obrázek 2- znečištění bylo opravdu velmi silné, podle barvy vody se dalo usuzovat na znečištění mycími prostředky. Bohužel s tímto jsem nepočítal a neměl jsem s sebou žádný přístroj ke změření vodivosti a jiných parametrů vody. V době druhé návštěvy 4. dubna 2016 ze stejného místa vytékala na první pohled čistá voda, ale byla naměřena vodivost 410  $\mu\text{S}/\text{cm}$  při teplotě vody 10,5 °C, což je dvakrát více než v Líšenském potoce, kde byla naměřena vodivost 215  $\mu\text{S}/\text{cm}$  při teplotě vody 13,8 °C. Měření vodivosti se provádělo konduktometrem TDS mini. Po delším pátrání byl objeven čerstvý hnůj v příkopu nad zdrojem, pravděpodobně prosakuje a tím zvyšuje vodivost vody. Tento typ znečištění vůbec nekoresponduje se znečištěním z 5. března. Můžeme tedy říci, že povaha a síla znečištění se v čase mění. Příčinu tohoto problému je třeba vyřešit, nejen kvůli mému návrhu úpravy území, ale také kvůli tomu, že samočistící schopnost vody je v případě takto silného znečištění nulová a znečištění se dostává až do rybníka Pod Sladovnou a dále.

Průtok je na začátku toku nepatrný, v době návštěvy 5. března i 4. dubna byl odhadem řádově desetiny litrů za sekundu. Vodoteč dále protéká propustkem pod cestou na námi řešenou stranu, kde se koryto klikatí a posléze se koryto postupně ztrácí a voda se vylévá do území, kousek od skupiny keřů svídy krvavé. Na druhé straně skupiny keřů se koryto opět formuje a dále pokračuje, u hráze se velmi zahlubuje až o 1,5 metru, zřejmě až na dno původního rybníka. Před mostkem v hrázi bývalého rybníka do něj ústí severní vodoteč, a koryto dále pokračuje až k soutoku s Líšenským potokem.

Nejjihnější (spodní) je vodoteč vytékající z mokřadu nacházející se mimo areál pod soustavou menších rybníčků, z nichž jsou největší Kuchařský a Oborský rybník. Tento potok se nazývá **Líšenský**. Vodoteč protéká až do spodního obecního rybníku. Protéká na spodní hranici pozemků náležející k areálu zámku. Místy tok teče za ploty majitelů sousedních pozemků, ale dle katastrální mapy tyto pozemky náležejí k areálu zámku. Zejména ve své dolní části se hladina vody v korytě nachází geodeticky výše, než zájmové území a tím pádem voda prosakující dnem i břehy kynety dotuje vodou už tak silně podmačené území.

## 2.2. Migrační prostupnost vodotečemi

Nejsevernější i střední vodotečí se z hlediska migrační prostupnosti nemá cenu zabývat, jelikož jsou vysychavé a život v nich může existovat pouze přechodně, jen pro některé druhy, zejména pro obojživelníky a nižší formy života.

Je třeba se zabývat prostupností jižní vodotečí, tedy Líšenským potokem. Na úsek od rybníku Pod Sladovnou, až po hranici území, kterým se zabýváme, je několik migračních překážek, zejména dva spádové objekty. Jeden z nich je na obrázku 3. Další je u mostku na horním konci úpravy. Oba spádové objekty jsou vysoké asi 30 cm a svojí výškou mohou omezovat

prostupnost proti proudu, zejména pro druhy jako vranka obecná, mihule potoční nebo rak říční, ale i pro malé jedince druhů, které v dospělosti tyto překážky bez problémů překonají. Vhodnou úpravou by bylo doplnění spádových objektů migračními rampami do sklonu 10 %, případně spádové objekty zrušit a nahradit je balvanitými skluzy. Použití obtokových koryt (bypassů) je obtížné vzhledem k morfologii okolního terénu a vlastnických poměrů na levém břehu. [1]



Obrázek 3 Jedna z možných migračních překážek na Lišenském potoce

### 2.3. Fauna a Flóra

Je nutno zdůraznit, že celý areál zámku se nachází v chráněném území Přírodní park Džbány-Žebrák s celkovou rozlohou 53 km<sup>2</sup> rozkládající se mezi Lišnem, Voticemi, Jankovem a Tomicemi. Charakter krajiny i přes svou malou nadmořskou výšku připomíná podhorskou oblast s velkými lesními komplexy, které doplňují rozsáhlé louky s bohatými prameništi, remízky a rybníky (Podhrázský rybník, Slavníč). V Přírodním parku se také nachází mnoho chráněných nebo ohrožených druhů rostlin i živočichů. Z říše rostlin je to např. orchidej prstnatec májový, bublinatka jižní, suchopýr bahenní, rosnatka okrouhlolistá, z říše živočichů pak obojživelníci čolek horský, rosnička zelená, z ptáků včelojed lesní, výr velký, ledňáček říční a ze savců vydra říční, netopýr severní a další.[2]

V samotném areálu v západní (spodní) části, nad rybníkem Pod Sladovnou, je území silně mokřadního charakteru připomínající lužní les s dominující převahou olší, skupinami dubů a skupinou tisů. Ve východní (horní) části území připomíná spíše podmáčenou louku s občasnými náletovými dřevinami jako je olše. Území dominuje skupina keřů a stromů



(zejména svída krvavá, vrby a olše), nacházející se ve středu lokality. Okolí lemují dubové porosty.



Obrázek 4 Západní (spodní) část nad rybníkem Pod Sladovnou, foceno ze svahu od zámku

Hráz bývalého rybníku je porostlá duby o průměru až 1 metr.

Východní (horní) část je charakteristická lučním porostem, kterému ve středu území dominuje „ostrov“ keřů a stromů obklopený silně zamokřeným mělkým „močálem“. Podél vodotečí rostou zejména olše, u nejjihnější (spodní) i s duby a cypřiši.

## 2.4. Hydrologické podklady

Hydrologické údaje byly získány od ČHMÚ pro profil těsně pod rybníkem Pod Sladovnou.

Jedná se o IV. třídu spolehlivosti dat

Průměrný dlouhodobý roční průtok

$Q_a \quad 20 \quad (l.s^{-1})$

Tabulka 1 Tabulka m-denních průtoků

m	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	dny
$Q_m$	45	32	25	20	17	14	12	10	8,0	6,5	5,0	3,0	2,0	$(l.s^{-1})$

Tabulka 2 Tabulka N-letých průtoků

N	1	2	5	10	20	50	100	roky
$Q_N$	3,30	4,60	6,50	8,00	10,00	11,9	13,8	$(m^3.s^{-1})$

### 3. Požadavky na využití území

Celé zájmové území je nutno vhodně využít s ohledem na vícero kritérií, které na konci práce poslouží jako kritéria pro obodování jednotlivých variant.

1. Vodohospodářské kritérium – vhodné odvodnění území s ohledem na odtokové poměry a povrchové i podpovrchové zásoby vody v území vytvoření podpovrchových drenáží, vytvoření tůní atd.
2. Biologicko-ekologické kritérium – úprava území se zachováním nebo lépe vytvořením vhodných habitatů pro faunu i flóru
3. Jednorázové náklady - cena varianty
4. Provozní náklady – frekvence a náklady na údržbu
5. Socioekonomické kritérium – řešení využití území s ohledem na okolní zástavbu, esteticky pěkné prostředí, zvýšení návštěvnosti zámku atd.

### 4. Jednotlivé varianty

V kapitole 4 budou probrány jednotlivé návrhy variant řešení, zejména s ohledem na vodohospodářské řešení.

#### 4.1. Varianta tůní a rybníčků

##### 4.1.1. Varianta tůní a rybníčků s větším napájecím rybníčkem

Tato varianta předpokládá vytvoření napájecího rybníčku v horní (východní) části území. Důvody pro vytvoření napájecího rybníčku jsou následující:

- vytvoření zásobního objemu zejména pro části roku, kdy vlivem sucha dojde k omezení přítoku i dotaci podzemními vodami,
- volitelný přítok do tůněk, který je možno korigovat manipulací s dlužemi v požeráku, vhodné zejména v sušších letech pro nadlepšování min. průtoků,
- napájecí rybníček bude také tvořit usazovací nádrž pro možné splaveniny.

##### 4.1.1.1. Úprava hydrologických dat

Jelikož napájecí rybníček bude zásoben Líšenským potokem, v kterém bude vytvořen vzdouvací objekt, je nutné pro bezpečnostní přeliv napájecího rybníčku přepočítat m-denní a N-leté průtoky pro profil těsně pod mostkem na hranici zájmového území. Přepočítání se provede jednoduchou metodou spočívající ve změření plochy povodí k aktuálnímu profilu v a podělením plochou povodí pro hodnoty průtoků pro profil získaný od ČHMÚ. Tímto podílem vynásobíme všechny průtoky a dostaneme požadované hodnoty. Tato metoda se zdá jako nepřesná a zkreslující, ale musíme si uvědomit, že ČHMÚ poskytl data spadající do třídy IV

spolehlivosti dat, což například znamená pro průtoky  $Q_{20}$ - $Q_{100}$  směrodatnou odchylku 80%.[3] Tím pádem možné zkreslení hodnot nebude až tak podstatné.

Plocha povodí k profilu Pod Sladovnou  $A=4,54 \text{ km}^2$

Plocha povodí k aktuálnímu profilu  $F=3,3 \text{ km}^2$

$$\text{Koeficient } K = \frac{A}{F} = \frac{4,54}{3,3} = 1,38$$

### Upravené hydrologické údaje pro profil rozdělovacího objektu

#### Průměrný dlouhodobý roční průtok

$Q_a$  14,6 ( $\text{l.s}^{-1}$ )

Tabulka 3 Tabulka upravených m-denních průtoků

m	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	dny
$Q_m$	32,9	23,4	18,3	14,6	12,4	10,2	8,8	7,3	5,8	4,7	3,7	2,2	1,5	( $\text{l.s}^{-1}$ )

Tabulka 4 Tabulka upravených N-letých průtoků

N	1	2	5	10	20	50	100	roky
$Q_N$	2,4	3,4	4,7	5,8	7,3	8,7	10,1	( $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ )

#### 4.1.1.2. Napájecí rybníček

Napájecí rybníček bude mít rozlohu při úrovni normálního nadržení na kótě 389.35 m n.m. 1020  $\text{m}^2$  s kubaturou zásobního prostoru zhruba 530  $\text{m}^3$ . Katastrální rozloha zátopy rybníčku na kótě 389.80 m n.m. bude cca 2000  $\text{m}^2$ . V prostoru zátopy bude sejmuta ornice, v místě mocnosti do 10 cm. Z důvodu zvýšení kapacity bude část dna odbagrována, aby kóta dna zátopy v nejhlubší části (u požeráku) byla na kótě 388.30 m n.m. Zároveň je nutné vyřešit problém se studnou, která se v případě zvýšeného vodního stavu bude zatápět. Studna se již nevyužívá a nachází se v ní množství napadaného materiálu. Nejlepší bude studnu po souhlasu Vodoprávního úřadu studnu zrušit. Zároveň bude nutné v prostoru budoucí zátopy některé stromy odstranit, jiné bude možné ponechat po dohodě s odborníkem na problematiku zamokření dřevin, který určí, které stromy snáší trvalé zamokření. Přítok do rybníčku bude také dotován vývěry spodních vod, jelikož je celá oblast silně zamokřena a hladina podzemní vody se nachází prakticky na úrovni terénu. Hráz rybníčku bude mít v koruně šířku 1 m, sklon vzdušní líce bude 1:2, sklon návodní líce 1:3. Hráz bude nasypána ze zeminy z podorniční vrstvy, zeminu bude nutno před uložením a zhutněním nejprve odvodnit. Díky nízké hrázi a malým průsakům nebude nutno zřizovat drenážní patu. Koruna hrázky a vzdušní svah budou ohumusovány vrstvou 10 cm a osety travní směsí.

Vypouštění nádrže bude prováděno dřevěným dubovým požerákem s trojdužovou stěnou o světlosti 430x400 mm, přelivná hrana o šířce 340 mm Požerák bude osazen na předem

vybetonovaný základ z hubeného betonu s vsazenými kotevními železy. Spodní vtok do požeráku bude chráněn před případným vnikem předmětů česlovou stěnou s šířkou průlin 2 cm. Přístup požeráku bude umožněn manipulační lávkou šířky 70 cm a délky 4 m. Nosníky lávky budou dva dřevěné profily 50x150 mm, podlaha lávky - fošny tl.40mm. Zábradlí lávky bude pouze na jedné straně. Na požerák bude napojeno železobetonové potrubí DN300. Dluže výšky 15 cm budou z tvrdého dubového dřeva s háčky pro snadné vytahování. Neoprávněný přístup do požeráku bude zamezen masivní uzamykatelným dubovým poklopem. Voda z odpadního potrubí o délce 9,5 m se sklonem 0,5 % bude vytékat do tůně č.1

#### 4.1.1.3. Vytvoření vzdutí

Rybníček bude napájen ze zdrže vzniklé vzdutím Líšenského potoka, vytékajícím ze sousední zamokřeného území pod Kuchařským rybníkem a procházejícím pod mostkem. Vzdutí bude vytvořeno vystavěním kamenného jízku s kótou koruny 389.40 m n.m. Tento jížek bude tvořen jádrem z jemného materiálu (např. štěrk frakce 8/16 mm), směrem k povrchu je třeba použít větší kameny. Sklon návodního líce 1:1, sklon vzdušního 1:4. Ve vzdrži za jezem bude hloubka vody cca 50 cm. Jížek bude propustný, tudíž při malých průtocích bude voda protékat pouze Líšenským potokem a přítok vody do napájecího rybníčku bude nulový. Z tohoto vzdutí bude voda odváděna korytem do napájecího rybníčku a kótou koruny 389.80 m n.m.



Obrázek 5 Pohled proti vodě na Líšenský potok na okraji území



#### 4.1.1.3. Terénní průleh

Jelikož je napájecí rybníček napájen rozdělovacím objektem, je těžké určit na jakou hodnotu navrhnout. Řekněme tedy, že kapacita koryta potoku je  $Q_1=2,4 \text{ m}^3/\text{s}$  a všechen ostatní průtok se rozleje do napájecího rybníčku. Bezpečnostním přelivem bude terénní průleh. U takto malého rybníčku nám postačí ochrana před vodami  $Q_{20}=7,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , jelikož škoda způsobená destrukcí většími vodami by byla zanedbatelná. Tudíž naše návrhová kapacita přelivu bude  $Q_N=7,3-2,4=4,9 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Navrhuji vytvořit terénní průleh v severní části, kde hráz tvoří rostlá země. Začátek průlehu bude na kótě 389,40 m n.m., tzn. pět centimetrů nad hladinou normálního nadržení. Průleh bude mít šířku ve dně 14 metrů, sklon svahů 1:3, podélný sklon 10 promile. Svahy i dno budou tvořeny kvalitním travním drnem s předpokládanou Manningovou drsností  $n=0,04$ .

Výpočet kapacity průlehu byl proveden podle vzorců pro rovnoměrné proudění v korytech.

$$R = \frac{S}{O}; \quad C = \frac{1}{n} \times R^{\frac{1}{6}}; \quad v = C \times \sqrt{R \times i}; \quad Q = v \times S$$

S...průtočná plocha

O...omočený obvod

R...hydraulický poloměr

C...rychlostní součinitel podle Manninga

v...střední rychlost

i...podélný sklon

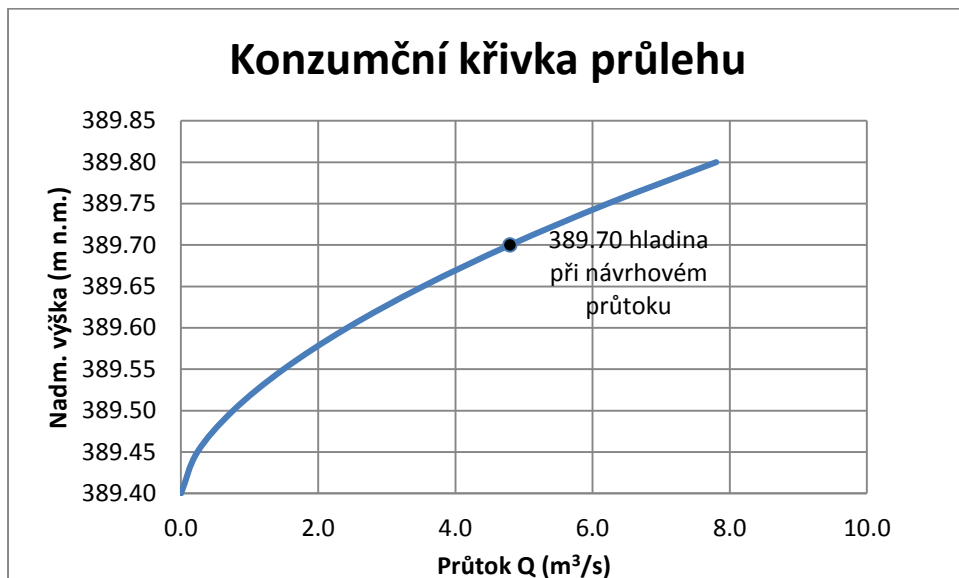
Tabulka 5 Kapacita průlehu

H	h	S	O	R	C	v	Q
[m n.m.]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m <sup>0,5</sup> .s <sup>-1</sup> ]	[m.s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
389.40	0.00	0.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.0
389.45	0.05	0.71	14.32	0.05	15.14	0.34	0.2
389.50	0.10	1.43	14.63	0.10	16.97	0.53	0.8
389.55	0.15	2.17	14.95	0.14	18.12	0.69	1.5
389.60	0.20	2.92	15.26	0.19	18.98	0.83	2.4
389.65	0.25	3.69	15.58	0.24	19.66	0.96	3.5
<b>389.70</b>	<b>0.30</b>	<b>4.47</b>	<b>15.90</b>	<b>0.28</b>	<b>20.24</b>	<b>1.07</b>	<b>4.8</b>
389.75	0.35	5.27	16.21	0.32	20.73	1.18	6.2
389.80	0.40	6.08	16.53	0.37	21.16	1.28	7.8

Z tabulky je vidět, že námi navržený terénní průleh spolehlivě odvede 20-ti letou vodu už při hloubce vody 30 cm. Průleh odvede maximálně 7,8 m<sup>3</sup>/s, to ale v případě že hladina už bude dosahovat koruny hráze.



Voda z terénního průlehu se bude rozlévat do území okolo tůně č.2, což není ideální, nicméně je to lepší řešení, než destrukce způsobená nekontrolovaným přelitím hráze.



Graf 1 Konzumční křivka průlehu

Pokud by se po realizaci zjistilo, že průlehem odtékají i menší průtoky (řekněme o hodnotách v řádech stovek litrů za sekundu, bylo by dobré do průlehu vložit menší kynetu, která by tvořila střelku průlehu a odváděla by malé průtoky do tůně č.2.

Také je třeba průlehy pravidelně udržovat, zejména sekat travu, aby se zamezilo zarůstání vyššími bylinami a keři, které by zvyšovali Manningovu drsnost  $n$ , a tím pádem snižovali kapacitu průlehu.

#### 4.1.1.4. Střední vodoteč

Jelikož se střední vodoteč rozlévá do území v severovýchodním cípu úpravy, je nutno tuto vody odvádět vhodným korytem o délce asi 90 metrů. Předpokládá se vytvoření koryta pouhým odstraněním drnů trav (hloubka cca 10 cm) na šířku asi 60 cm. Průměrný podélný sklon změřený v situaci odpovídá 2 %. Pro zvolenou Manningovu drsnost svahů  $n=0,035$  je průtočná kapacita (při předpokladu rovnoměrného proudění)  $Q_n=43$  l/s. Vodoteč bude ústít do tůně č.6 (více v části seznam tůní).

#### 4.1.1.5 Tůně

##### Definice tůně

Definice tůně je značně problematická, často se jako tůně uvádějí i slepá ramena meandrů řek, někteří autoři zase za tůně považují jen a pouze prohlubeň v terénu zaplavená vodou bez viditelného odtoku a přítoku. My budeme považovat za tůně všechny vodní plochy v návrhu varianty, kromě napájecího rybníčku, který je vybaven prvky jako standardní rybník, tj. bezpečnostním přelivem, požerákem atd.

## Účel budovaných tůní

Účel budovaných tůní se odvíjí od našich požadavků na ně a zároveň od možností, které nám budované tůně mohou poskytnout, s ohledem na okolní klimatické, geografické, biologické a jiné podmínky.

Hlavní cíle budování tůní:

- Rozšíření nabídky trvale vodních i periodicky vysychajících habitatů a s tím zvýšení diverzity fauny i flóry v krajině
- Podpora konkrétních ohrožených nebo chráněných druhů vyžadujících specifické podmínky

## Zásady podmiňující vybudování kvalitních tůní a rybníčků

Nejpodstatnější ze všech aspektů je hloubka a rozloha tůně a úroveň hladiny vody v ní. Je také nutné podotknout, že důležitá je i kvalita vody, což může být dosti problematické v naší úpravě dosti problematické, kvůli objevenému znečištění (viz Obrázek 2). Bez vyřešení příčiny (vyhledání a eliminování zdroje) tohoto problému, nemůžeme doufat ve vytvoření vhodného vodního prostředí.

Je nutno říci, že napájecí rybníček je v podstatě technické řešení mírně omezující vysychání tůní. Napájecí rybníček byl navržen jako kompromis mezi čistě přírodním řešením a čistě technickým řešením.

Důležitá je také velikost navržených tůní. Menší tůně (do 50 m<sup>2</sup> plochy normálního nadržení) nebyly navrhovány, jelikož se rychleji zazemňují, což v přirozeném vývoji tůní je naprosto normální, avšak my požadujeme řešení, které vytvoří trvalejší a stálější tůně, které nebude nutno obnovovat. Cílem návrhu tůní, je vytvořit mnoho typově odlišných tůní - různě hluboké, tvarově odlišné a odlišné velikostí plochy. Větší rozmanitost tůní znamená větší rozmanitost života, každý živočich si „vybere“ svůj vhodný habitat. Chceme-li se skutečně napodobit přírodní tůně je vhodné je budovat nepravidelného tvaru a různých velikostí. V žádném případě by se neměly budovat tůně s rovnými liniemi. V návrhu se předpokládá budování pravidelnějších oválných tůní, z hlediska lepšího vyměřování a hloubení. Kóty dna v návrhu označují střední nadmořskou výšku, ve skutečnosti se ale bude klást důraz na vytvoření menších prohlubní a nerovností (max +/-10 cm) ve dně, kvůli přiblížení se přírodnímu stavu a vytvoření vhodných prohlubní sloužících jako habitaty pro živočichy.

Samotné budování tůní bude spočívat pouze v jejich vyhloubení, nepředpokládá se nutnost svahy i dno těsnit, předpokládá se nepropustná hlinitá až jílovitohlinitá půda. Pokud by některé tůně „netěsnili“, bylo by nutné je dotěsňovat vrstvou jílu. Pokud by se průsaky vyskytovaly, ale byly malé, spoléhalo by se na přirozenou kolmataci donesenými jemnými

částicemi. Avšak riziko propustných půd je v tomto typu území s vysokou hladinou podzemní vody a výskytem nivní půdy minimální.

## Přehled jednotlivých tůň

Tabulka 6 Hlavní parametry tůň při hladině normálního nadržení

Parametry při úrovni normálního nadržení	Číslo tůně								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Plocha [m <sup>2</sup> ]	264	87	255	329	1226	227	215	133	695
Objem [m <sup>3</sup> ]	110	27	63	104	370	72	127	29	110
Hloubka [m]	0.60	0.55	0.40	0.60	0.80	0.60	1.10	0.50	0.30

### Vodní tůň č. 1

Kóta normálního nadržení	388,10 m n.m.
Plocha na kótě normálního nadržení	264 m <sup>2</sup>
Objem tůně při normálním nadržení	110 m <sup>3</sup>
Katastrální plocha	360 m <sup>2</sup>
Kóta dna v nejhlubším místě	387,50 m n.m.
Přibližný sklon svahů	1:5 až 1:3
Přibližný objem jámy	190 m <sup>3</sup>

Vodní tůň č. 1 slouží jako vývar pro utlumení energie vody vytékající z napájecího rybníčku. Voda z první tůně je odváděna do tůně č. 3 terénním průlehem s pohozením z oblázků. Délka průlehu je 40 m, Manningovu drsnost dna i svahů uvažujeme 0,040, šířka ve dně je 1 m, hloubka 10 cm a sklon břehů 1:3. Při sklonu 2,3% je kapacitní  $Q_{kap}=90$  l/s. Zároveň je zřízeno PVC potrubí DN300 do tůně č. 2 o délce 11 m a sklonu 0,5%. Dle Chézyho rovnice je kapacitní průtok  $Q_{kap}=69$  l/s.

### Vodní tůň č. 2

Kóta normálního nadržení	388,05 m n.m.
Plocha na kótě normálního nadržení	87 m <sup>2</sup>
Objem tůně při normálním nadržení	27 m <sup>3</sup>
Katastrální plocha	231 m <sup>2</sup>
Kóta dna v nejhlubším místě	387,50 m n.m.
Přibližný sklon svahů	1:5
Přibližný objem jámy	134 m <sup>3</sup>

Voda z tůně č. 2 je odváděna potrubím z PVC DN 300 do tůně č.8. Délka potrubí je 38 m a sklon 0,4%. Dle Chézyho rovnice je kapacitní průtok  $Q_{kap}=62$  l/s. Nad tůň se bude vylévat

voda z terénního průlehu z napájecího rybníčku. Při průtoku vody průlehem většina vody bude stékat do této tůně, takže se může stát, že PVC potrubím z tůně č.1 bude voda odtékat do tůně č.1 a ne naopak, jak bylo zamýšleno.

### **Vodní tůň č. 3**

Kóta normálního nadržení	387,40 m n.m.
Plocha na kótě normálního nadržení	255 m <sup>2</sup>
Objem tůně při normálním nadržení	63 m <sup>3</sup>
Katastrální plocha	429 m <sup>2</sup>
Kóta dna v nejhlubším místě	387,00 m n.m.
Přibližný sklon svahů	1:10
Přibližný objem jámy	180 m <sup>3</sup>

Voda je odváděna do tůně č. 4 terénním průlehem s pohozením z oblázků. Délka průlehu je 20 m, Manningovu drsnost dna i svahů uvažujeme 0,40, šířka ve dně je 1 m, hloubka 10 cm a sklon břehů 1:3. Při sklonu 0,5% je kapacitní  $Q_{kap}=43$  l/s.

### **Vodní tůň č. 4**

Kóta normálního nadržení	387,10 m n.m.
Plocha na kótě normálního nadržení	329 m <sup>2</sup>
Objem tůně při normálním nadržení	104 m <sup>3</sup>
Katastrální plocha	453 m <sup>2</sup>
Kóta dna v nejhlubším místě	386,50 m n.m.
Přibližný sklon svahů	1:10
Přibližný objem jámy	182 m <sup>3</sup>

Voda z tůně č. 3 při zvýšeném stavu odtéká terénním průlehem s pohozením z oblázků na kótě 387,10 m n.m. do tůně č.4. Terénní průleh bude mít šířku ve dně 1 m, hloubku 10 cm, sklon svahů 1:3. Délka průlehu je 28 m. Kapacitní průtok pro průměrnou drsnost svahů a dna  $n=0,04$  a sklon dna 1,1% je  $Q_{kap}= 63$  l/s.

### **Vodní tůň č. 5**

Kóta normálního nadržení	386,30 m n.m.
Plocha na kótě normálního nadržení	1226 m <sup>2</sup>
Objem tůně při normálním nadržení	370 m <sup>3</sup>
Katastrální plocha	1827 m <sup>2</sup>
Kóta dna v nejhlubším místě	385,50 m n.m.

Přibližný sklon svahů	1:10
Přibližný objem jámy	917 m <sup>3</sup>

Většina dna tůň tvoří mělká část, která při úrovni norm.n. bude mít hloubku 30 cm. Ve střední části se nachází prohlubeň, která se při sklonu svahů 1:10 svažuje až na kótu 385,50 m n.m.

Voda z tůň č. 5 při zvýšeném stavu odtéká terénním průlehem s pohozem z oblázků na kótě 386,30 m n.m. do tůň č.4. Terénní průleh bude mít šířku ve dně 1,5 m, hloubku 10 cm, sklon svahů 1:3. Kapacitní průtok pro průměrnou drsnost svahů a dna  $n=0,04$  a sklon dna 0,5% je  $Q_{kap}= 62 \text{ l/s}$ .

#### **Vodní tůň č. 6**

Kóta normálního nadržení	389,10 m n.m.
Plocha na kótě normálního nadržení	227 m <sup>2</sup>
Objem tůň při normálním nadržení	72 m <sup>3</sup>
Katastrální plocha	309 m <sup>2</sup>
Kóta dna v nejhlubším místě	388,50 m n.m.
Přibližný sklon svahů	1:10-1:5
Přibližný objem jámy	152 m <sup>3</sup>

Do tůň č. 6 je zřízeno koryto střední vodoteče, která se v současné době rozlévá v severovýchodním cípu území. Jelikož tůň není napojena na napájecí rybníček, je v suchých obdobích možné její vysychání, jelikož průtok střední vodoteč je minimální. V době návštěv území (9.3. i 4.4. 2016) byl průtok odhadnut na desetiny litru za sekundu.

Z tůň č. 6 je voda odváděna korytem vytvořeným pouhým odstraněním drnů trav a opevněním dna kamenným pohozem z oblázků. Hloubka koryta je cca 10 cm a šířka asi 60 cm. Délka koryta je 20 metrů a sklon až 2,5%. Pro zvolenou Manningovu drsnost svahů a dna  $n=0,04$  je průtočná kapacita  $Q_n=42 \text{ l/s}$ . Koryto ústí do tůň č. 7.

#### **Vodní tůň č. 7**

Kóta normálního nadržení	388,30 m n.m.
Plocha na kótě normálního nadržení	215 m <sup>2</sup>
Objem tůň při normálním nadržení	127 m <sup>3</sup>
Katastrální plocha	263 m <sup>2</sup>
Kóta dna v nejhlubším místě	387,20 m n.m.
Přibližný sklon svahů	1:5-1:3
Přibližný objem jámy	200 m <sup>3</sup>

Tato tůň má strmější břehy až ve sklonu 1:3 a při hladině normálního nadržení hloubku 1,1 metru, což není pro většinu obojživelníků (zejména žab) není vhodné, nicméně tyto parametry byly navrženy kvůli obavám z vysychání, jelikož z důvodu výškových poměrů nebylo možné napojit tuto tůň na soustavu vedoucí z napájecího rybníčku. Z tůně je voda taktéž odváděna korytem vytvořeným pouhým odstraněním drnů trav a opevněním dna kamenným pohozelem z oblázků. Hloubka koryta je 10 cm a šířka 1 m. Délka koryta je 18 m a sklon 1%. Pro zvolenou Manningovu drsnost svahů a dna  $n=0,04$  je průtočná kapacita  $Q_n = 48 \text{ l/s}$ .

#### **Vodní tůň č. 8**

Kóta normálního nadržení	387,40 m n.m.
Plocha na kótě normálního nadržení	133 m <sup>2</sup>
Objem tůně při normálním nadržení	29 m <sup>3</sup>
Katastrální plocha	223 m <sup>2</sup>
Kóta dna v nejhlubším místě	387,90 m n.m.
Přibližný sklon svahů	1:10
Přibližný objem jámy	64 m <sup>3</sup>

Do tůně ústí PVC trubka DN300 z tůně č. 2. Voda z tůně odtéká terénním průlehem s pohozelem z oblázků na kótě 387,10 m n.m. do tůně č.9. Terénní průleh bude mít šířku ve dně 1 m, hloubku 10 cm, sklon svahů 1:3. Délka průlehu je 11 m. Kapacitní průtok pro průměrnou drsnost svahů a dna  $n=0,04$  a sklonem dna 3 % je  $Q_{kap} = 104 \text{ l/s}$ .

#### **Vodní tůň č. 9**

Kóta normálního nadržení	387,30 m n.m.
Plocha na kótě normálního nadržení	695 m <sup>2</sup>
Objem tůně při normálním nadržení	110 m <sup>3</sup>
Katastrální plocha	1178 m <sup>2</sup>
Kóta dna v nejhlubším místě	387,00 m n.m.
Přibližný sklon svahů	1:10
Přibližný objem jámy	480 m <sup>3</sup>

Tůň č. 10 je velmi mělká, ve své východní části pod terénním průlehem z tůně č. 9 je hloubka při hladině n.n. pouze 10 cm. Směrem do své západní části se hloubka zvyšuje na 30 cm. Vyschnutí tůně se nepředpokládá, jelikož je tůň napojena na napájecí soustavu a tudíž i přes svou velmi malou hloubku nevyschne.

Voda bude vytékat na kótě 387,30 m n.m. uměle vytvořeným potůčkem (viz část dispozice tůní).

#### **4.1.1.6. Dispozice tůní a odvádění přebytečné vody z nich**

Centrálním prvkem území bude skupina keřů svídy krvavé a stromů olše, které budou obklopovány tůněmi č. 1, 2, 3, 7 a 8.

Celkem můžeme tůně rozdělit do 3 skupin. První dvě skupiny jsou dotovány z tůně č.1 do které vytéká voda z napájecího rybníčka (z tůně č. 1), třetí skupinu tvoří tůně, které toto kritérium nesplňují.

Do první skupiny náleží tůně č. 3, 4, 5, tvořící dolní větev napájecí soustavy, o celkové kapacitě při hladině normálního nadržení 537 m<sup>3</sup>. Na konci soustavy, z tůně č. 5, odvádí uměle vytvořený terénní průleh o kapacitě 62 l/s. Druhou skupinu tvoří tůně č. 2, 8 a 9. Je to horní větev napájecí soustavy při hladině normálního nadržení má kapacitu 166 m<sup>3</sup>, což je třetina větve dolní. Voda ze soustavy je odváděna mělkým potůčkem s mírně zakřivenou trasou. Délka potůčku je 45 m, má trojúhelníkový profil se sklony břehů 1:3, hloubkou 30 cm. Podélný sklon je 8 promile Manningova drsnost svahů je stanovena  $n=0,035$  pro zatravněné koryto. Průtočná kapacita (při předpokladu rovnoměrného proudění) vyšla  $Q_n=0,19$  m<sup>3</sup>/s.

Do třetí skupiny náleží zbylé tůně. Na tůni č. 6 je napojena střední vodoteč. Tůně č. 7 je napojena na příchozí tůni a odvádí vodu do tůně č. 8, která tvoří horní větev napájecí soustavy.

#### **4.1.1.7. Výsadba dřevin a péče o tůně**

Tůně by neměly být zastíněny dřevinami, dřeviny by se měly vysazovat na severních stranách tůní. Přesné složení skladby dřevin a keřů určí dodatečně odborník na tuto problematiku. Životnost tůní lze prodloužit pravidelnou likvidací litorální vegetace, zejména vysokých bylin jako orobinec nebo rákosina. Tyto rostliny je nutné kosit do začátku metání květenství, pozdější zásahy jsou neúčinné a v případě zimního kosení může dojít naopak k pozdějšímu zrychlenému růstu litorální vegetace. [4]

#### **4.1.1.8. Přístupové cesty**

Předpokládáme vytvoření cesty šíře 2 metry. Cesta bude probíhat dvěma směry, jedna k středovému „ostrovu“ keřů, druhá pak více západně okolo tůně č. 5. Šíře cesty je dostatečná i pro pojezd malých vozidel typu Multicar. Celková délka cest je 450 metrů. Příčný profil cest bude skládat ze spodní vrstvy štěrkopísku mocnosti 10 cm, a nad ní vrstvu drceného kameniva o mocnosti 5 cm. V části cesty obepínající skupinu keřů, v úseku dlouhém zhruba



100 metrů se předpokládá vytvoření dřevěného chodníčku, kvůli předpokládanému zamokření území, navíc dřevěný chodníček bude území vhodně esteticky doplňovat. Přes terénní průlehy a odpadní koryta se budou muset vytvořit celkově 4 dřevěné lávky, tak, aby nesnižovali průtočnost profilů terénních průlehů.

#### 4.1.1.9. Dnové prahy

Na konci úpravy u hráze, kde se sbíhají větve napájecích soustav, bude z důvodu zmírnění sklonu potoka zřízeno několik dnových prahů (do 30 cm spádové výšky). Tyto prahy budou z dřevěných kmenů do průměru 50 cm. Zakotveny budou do dna 1/3 průměru kmene a do boků alespoň jeden metr délky.



Obrázek 6 Pohled z mostku bývalé hráze proti vodě

#### 4.1.1.10. Orientační náklady

Ceny byly počítány podle soustavy ÚRS Praha 2010, ceny nezahrnují kácení, parkové úpravy (vyjma přístupových cest) a nejasné přesuny hmot. Kvůli těmto nákladům a vícepracím se výsledná cena vynásobila koeficientem 1,2. Celková cena je tedy 3,420 mil Kč bez DPH.

#### 4.1.1.11. Celkové zhodnocení varianty

Jelikož se jedná o úpravu spíše v intravilánu, návrh napájecího rybníčku, který by měl tůň zprůtočnit a eliminovat jejich vysychání. Dostatek vody v tůních a jejich průtočnost ale nemusí vyhovovat obojživelníkům[5]. Problémem všech variant s tůňmi je, že je téměř



nemožné spočítat potřebu vody jednotlivých tůní, jelikož tato potřeba závisí na mnoha proměnných. Některé jako výpar lze spočítat, ale další jako je hloubka podzemní vody, evapotranspirace (v závislosti na typu vegetace až 5x vyšší než výpar z volné hladiny) není možné dopředu odhadnout.

Předmětem k diskuzi také zůstává, zda vybudování tůní drénující podzemní vody vyřeší problém se zamokřením území nebo jestli by bylo nutné vybudovat množství sběrných drénů, které by vodu odváděly do některých tůní. Vybudování sběrných drénů by ve variantě napájení odběrem z potoka také zvýšilo přítok do tůní.

Zemina z vytěžených jam tůní se bude rozvážet na pole, nakládání se zeminou bude podrobněji popsáno v závěru varianty 4.2.1. Varianta částečné obnovy rybníka s odbahněním.

#### **4.1.2 Varianta tůní a rybníčků napájených odběrem z potoka**

Celý systém tůní bude napájen ze zdrže vzniklé vzdutím potůčku, vytékajícím ze sousední zamokřené oblasti pod Kuchařským rybníkem a procházející pod mostkem. Kromě vynechání napájecího rybníčku, je technické řešení této varianty shodné jako u varianty 4.1.1. a proto není nutné zde jednotlivé objekty znovu popisovat. Stejně jsou i dnové prahy, i přístupové cesty okolo tůní.

Zásobování vodou v této variantě je více závislé na vodním stavu potoka, ze kterého je voda odebírána. V obdobích sníženého průtoku budou tůně postupně vysychat. Tato varianta je tedy blíže skutečným přirozeným tůním, avšak na úkor estetičnosti pro návštěvníky zámku a parku.

##### **4.1.2.1 Podvarianta napájení přímým odběrem z potoka**

V situaci je naznačeno vytvoření kamenného jízku z podobně jako v předchozí variantě. Tato hrázka až do kóty 389,25 m n.m., tj. výškově 5 cm nad dnem napájecího toku.

Osa napájecího potůčku je dlouhá 65 m, trasa je mírně rozvlněná, poloměr nejmenšího oblouku je přibližně 20 metrů. Příčný profil potůčku je lichoběžníkovitého tvaru se sklony břehů 1:3, šířkou dna 1 metr a hloubkou 20 cm. Podélný sklon je 5 promile, Manningova drsnost svahů a dna je stanovena  $n=0,04$  pro velké oblázky. Průtočná kapacita (při předpokladu rovnoměrného proudění) vyšla  $Q_n=153$  l/s se střední rychlostí  $v=0,48$  m/s.

Parametry koryta byly navrženy malé právě proto, aby voda tekoucí napájecím korytem stačila z tůně č. 1 odtékat.

## Návrh opevnění dna i svahů napájecího koryta

Opevnění dna navrhuji podle metody tečných napětí pro stabilitu dna v oblouku s největší křivostí.[5]

Tečné napětí dna v oblouku se rovná

$$\tau_{OD} = \rho \cdot g \cdot R_d \cdot i_{návrh} = 14,7 \text{ Pa}$$

objemová hmotnost vody  $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$

gravitační zrychlení  $g=9,81 \text{ m/s}^2$

návrhový sklon koryta  $i=0,005$

hydraulický poloměr dna, zjednodušeně volím hloubku proudění  $R_d=0,3$

$$\frac{R_0}{B} \rightarrow \frac{\tau_{ODMax}}{\tau_{OD}} \rightarrow \tau_{ODMax}$$

$\tau_{ODMax}$ ...Maximální tečné napětí na vnějším oblouku u dna

$\tau_{OD}$ ...Průměrné tečné napětí na dno

Poloměr oblouku s největší křivostí  $R_0=20 \text{ m}$  z grafu viz [6]  $\Rightarrow$  poměr  $\frac{\tau_{ODMax}}{\tau_{OD}} = 1,3$

Číslo stability  $\eta = \frac{21 \cdot \tau_{ODMax}}{(\rho_s - \rho) \cdot g \cdot d_e} = 0,53$

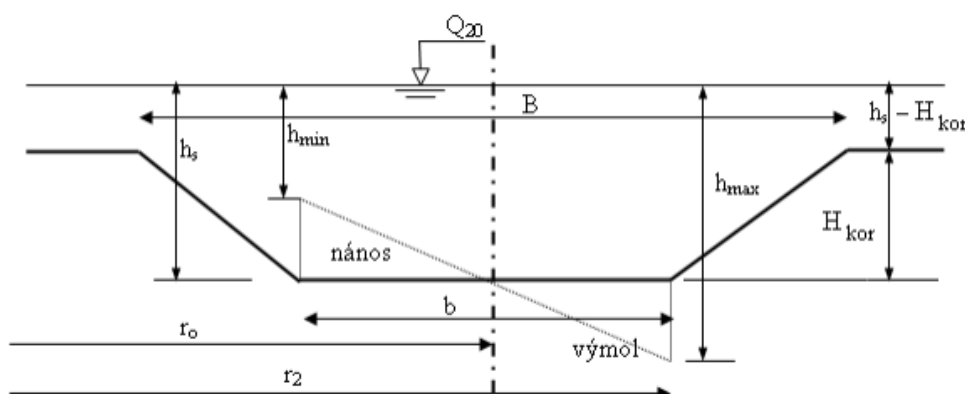
objemová hmotnost kameniva  $\rho_s=2600 \text{ kg/m}^3$

velikost efektivního zrna pro frakci oblázků 32/63  $\Rightarrow d_e=48 \text{ mm}=0,048 \text{ m}$

**Stupeň bezpečnosti  $S_F = \frac{1}{\eta} = 1,9 > 1$**  Dno je stabilní

Navrhuji tedy opevnit dno pohozelem z oblázků frakce 32/63 mm mocnosti 150 mm

Dále je nutno posoudit tvorbu výmolů



Obrázek 7 Schéma výpočtu hloubky výmolů

Řekněme, že omezení výmolů budeme navrhovat pro průtok  $Q_{20}$ , tento průtok se rozlije do bermy a budeme uvažovat zvýšení hladiny o 10 cm, čili  $h_s=0,3 \text{ m}$ .

Dle Apmanna

$$\frac{h_{max}}{h_s} = \frac{3,5 \cdot \frac{B}{r_2}}{1 - (1 - \frac{B}{r_2})^{3,5}} \Rightarrow h_{max} = h_s \cdot \frac{3,5 \cdot \frac{B}{r_2}}{1 - (1 - \frac{B}{r_2})^{3,5}} = 0,3 \cdot \frac{3,5 \cdot \frac{2,8}{10,5}}{1 - (1 - \frac{2,8}{10,5})^{3,5}} = 0,43 \text{ m}$$

Hloubka výmolu je 0,43-0,3=0,13 m. Vidíme tedy, že vypočtená hloubka výmolu je zanedbatelná, jelikož kamenný zához z oblázku frakce 32/63 mm bude tvořit vrstvu 150 mm mocnou, tudíž není nutno tvořit záhozové paty.

#### 4.1.2.2. Podvarianta napájení odběrem ve dně toku

Tato varianta spočívá ve vytvoření drenážního polštáře ve dně toku, kterým bude voda filtrována a dále odváděna potrubím do první tůně.

Drenážní polštář se bude skládat z drenážních trubek obalených geotextilií, pískového obsypu a vrstvy šterku. Drenážní trubky DN 100 uložené mírně šikmo na osu toku, budou osově od sebe vzdáleny 50 cm. Drenážní trubky budou obaleny běžnou filtrační geotextilií. Celkově se počítá se třemi drenážními trubkami na šířku toku. Jako obsyp bude použit písek frakce 1/4 mm ve vrstvě 10 cm okolo drenážních trubek. Nad pískový obsyp se uloží vrstva šterku 8/16 ve vrstvě 20 cm. Drenážní trubky budou filtrovanou vodu do svodného drénu, který bude vodu odvádět do tůně č. 1. Součástí svodného drénu by měl být uzávěr, typově podobný kanalizačnímu šoupěti, kterým by bylo možné drenáž uzavřít, to zejména v případech, kdy vodní stav v Líšenském potoce je tak malý, že by odběrný objekt veškerou vodu odváděl do tůní a Líšenský potok by vyschnul.

Jelikož ve všech předchozích variantách nebylo uvažováno se splaveninami a látkami obsaženými v toku, je tato varianta vhodná pro zpomalení zazemňování tůní, což je z hlediska technického v pořádku, nicméně je třeba si neustále a dokola opakovat, že zazemňování je přirozený vývoj tůní. Navíc tůně se budou stejně sami zazemňovat, i bez přísunu splavenin, postupným periodickým zarůstáním a odumíráním vegetace.

#### 4.1.2.3. Celkové zhodnocení obou podvariant

Problém s přímým odběrem z toku je riziko vysychání tůní, což může změnit celou oblast v mokřad a to není s ohledem na umístění u zámku vhodné. Jedinou možností by bylo nalepšování průtoků z rybníčků nad úpravou, jako je například Kuchařský rybník. Tyto podvarianty s přímým napájením jsou přírodně bližší, ale na úkor estetiky území. Dalším problémem je přínos splavenin do soustavy tůní, tento problém je vyřešen u podvarianty s odběrem vody ze dna toku.

#### **4.1.2.4. Orientační náklady**

Ceny byly počítány podle soustavy ÚRS Praha 2010, ceny nezahrnují kácení, parkové úpravy (vyjma přístupových cest) a nejasné přesuny hmot. Kvůli těmto nákladům a vícepracím se výsledná cena vynásobila koeficientem 1,2. Cena první podvarianty je 2,850 mil. Kč bez DPH, cena druhé podvarianty 2,840 mil. Kč bez DPH.

## 4.2 Varianta částečné obnovy rybníka

Tato typ řešení předpokládá dvě varianty řešení území. Jedna varianta počítá s vytvořením rybníka s odbahněním, druhá s ponecháním původního dna.

### 4.2.1. Varianta částečné obnovy rybníka s odbahněním

#### 4.2.1.1. Prostor zátopy

Dno v budoucí zátopě se zbaví vrstvy prorostlé travou (20 cm), stromy a keře se pokácí a pařezy vyklučí. Dno se prohloubí a ornice se použije k přisypání a ohumusování vzdušního svahu hráze. Hloubení zátopy se začne na kótě 388,00 m n.m., kde se ve sklonu 1:10 bude postupně svah svažovat až na kótu 377,00 m n.m. Na této kótě se vytvoří vpodstatě vodorovné dno o ploše 2320 m<sup>2</sup>. Tato plocha zvětší plochu litorálního pásma. Litorální plochy jsou plochy v zátopě rybníka do hloubky 0,6 metru při hladině normálního nadržení. Směrem k hrázi se bude zátopa prohlubovat, u hráze až na kótu 384,50 m n.m. Celkový objem vytěženého bahna se předpokládá cca 4100 m<sup>3</sup>. Předpokládá se nezávadné bahno, kterou bude možno umístit na některé z okolních polí po dohodě s majitelem. V případě, že by rozbor bahna z hlediska nadlimitního obsahu látek nevyhovoval, je nutno kvůli extrémním nákladům na likvidaci tento sediment ponechat na místě. Tato eventualita je rozebrána v další variantě 4.2.2. Mluvíme zde sice o bahnu, ale jelikož původní rybník byl zrušen před více než 200 lety, jedná se už spíše o zeminu, kde organické součásti již zetlely. V zátopě bude také vybudováno koryto sloužící k odvádění vody a odvodnění dna nádrže při vypuštění. Koryto bude mít dno široké metr, sklony svahů 1:3 a hloubku do 30 cm.

#### 4.2.1.2. Hráz

Hráz je nutno navýšit na kótu 388,50 m n.m., šířku koruny je nutno dosypat na šířku 4 m. K těmto účelům bude použita vhodná dovezená zemina – jemnozrnná – písčitá nebo jílovitá s koeficientem filtrace K minimálně 10<sup>-8</sup> m/s. Hráz směrem k zámku postupně naváže na původní terén. Sklon svahu návodního líce bude 1:3,5. Sklon svahu vzdušního líce bude v místech, kde je příliš strmý dosypán na sklon 1:3. Stačilo by méně (1:2), ale pozvolnější svah je vhodný pro lepší zapojení nádrže do prostoru a větší stability hráze. Toto nasypání také umožní využít trochu vytěžené zeminy. Nevýhodou bude vytažení patního drénu.[7] Svahy se osejí travou. Na návodní líci se sejme orniční vrstva a zřídí se dvě vrstvy filtrů z kameniva frakce 32-63 mm o mocnosti vrstvy 300 mm a frakce 8-16 mm o mocnosti 300 mm. Líc se dále opevní kamennou rovinaninou a dole se opře do patky z lomového kamene frakce 125-250 mm. V patě vzdušního líce bude drenážní vrstva z kameniva frakce 32/16 mm obklopující drenážní perforovanou trubku DN 200 mm (neplatí pro vzdušní líc sousedící s Líšenským potokem).

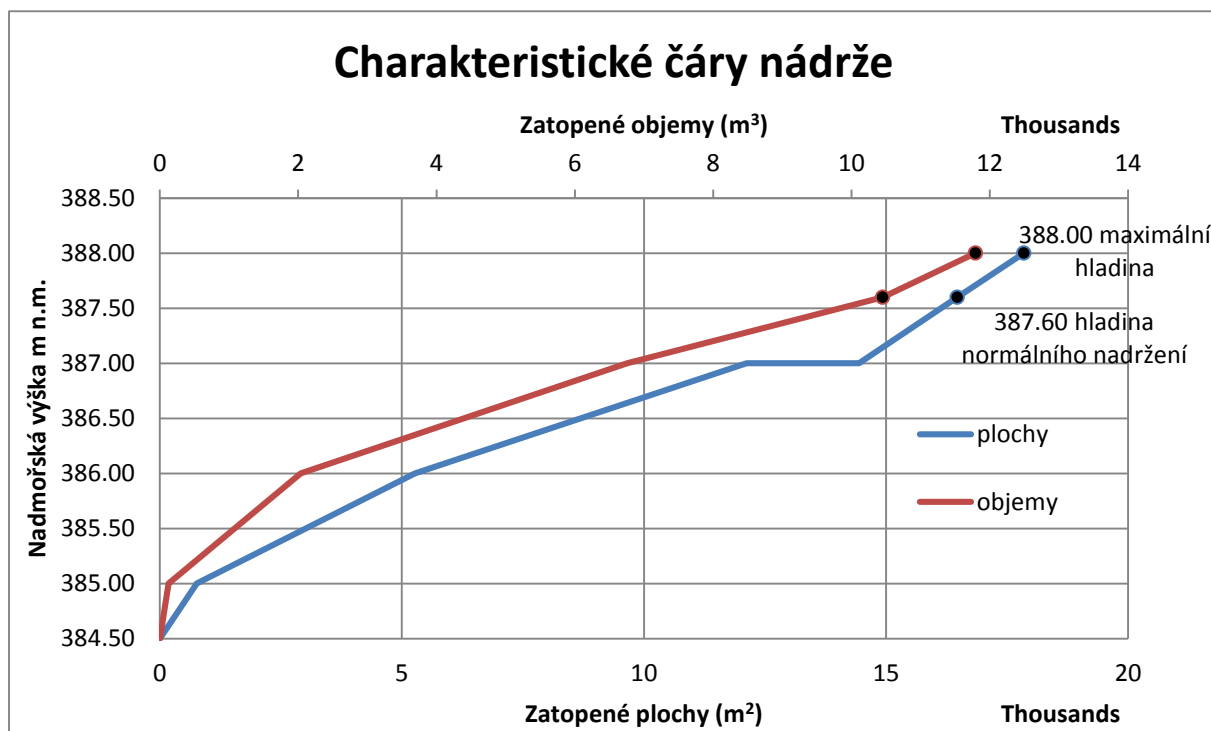
Část hráze sousedící s Líšenským potokem bude mít vzdušní svah v proměnlivém spádu směrem k potoku, avšak v maximálním sklonu 1:2. V této části hráze, kde je z jedné strany zátoka a z druhé strany koryto potoka nebude zřízena drenážní pata, jelikož je šířka hráze natolik velká, že nebude docházet k průsakům na vzdušném líci.

#### 4.2.1.3. Charakteristické čáry nádrže

Tabulka 7 Charakteristické čáry nádrže

m n.m.	h (m)	S (m <sup>2</sup> )	V(m <sup>3</sup> )
384.50	3.50	0	0
385.00	3.00	760	124
386.00	2.00	5 270	2 036
387.00	1.00	12 120	6 757
387.00	1.00	14 440	6 757
387.60	0.40	16 470	10 453
388.00	0.00	17 850	11 796

Kóta 387,60 m n.m. udává hladinu normálního nadržení, kóta 388,00 m n.m. udává úroveň maximální hladiny. Zatopené plochy byly změřeny ze situace v programu Autocad.



Graf 2 Charakteristické čáry nádrže

Při předpokladu hladiny na úrovni normálního nadržení 387,60 m n.m. a hloubky litorální části do 0,6 metru hloubky vody, je podíl litorální plochy rybníka  $P = \frac{4350}{16500} = 26,4 \%$ .

#### 4.2.1.4. Napájecí stoka a vzdouvací objekt

Napájecí stoka bude mít podobné parametry, jako ve variantě 3.1.2.1 V potoce se vytvoří kamenný jízek obdobně jako ve variantě 4.1., jehož kóta přelivné hrany se předpokládá 10 cm nad dnem napájecího toku.

Délka napájecího potůčku bude cca 20 metrů a bude ústít do usazovací nádrže. Příčný profil potůčku je lichoběžníkovitého tvaru se sklony břehů 1:3, šířkou dna 1 metr a hloubkou 30 cm. Podélný sklon je 10 promile, Manningova drsnost svahů a dna je stanovena  $n=0,04$  pro velké oblázky stejně jako ve variantě 3.1.2.1. Průtočná kapacita (při předpokladu rovnoměrného proudění) vyšla  $Q_n=0,48 \text{ m}^3/\text{s}$ . Kóta dna stoky při ústí do usazovací nádrže bude na kótě 388,40 m n.m.

#### 4.2.1.5. Střední vodoteč

Jelikož se střední vodoteč rozlévá do území v severovýchodním cípu úpravy, je nutno tuto vody odvádět vhodným korytem. Koryto je tvarově stejné jako ve variantě 3.1.1 Varianta tůň a rybníčků. Dále nutno odvodnit zamokřenou část okolo bývalé studny. Předpokládal bych vytvoření mělkého koryta odstraněním drnů (hloubka cca 10 cm) na šířku asi 60 cm.

#### 4.2.1.6. Předzdrž (usazovací nádrž)

Chceme-li zamezit nadměrnému přísunu splavenin do hráze je na napájecí stoce nutno vybudovat usazovací nádrž. Z nádrže bude odpadním korytem vytékat voda do rybníka. Koryto bude široké 3 metry hluboké 15 cm. Vypočtený návrhový průtok  $Q_n = 0,52 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dno odpadního koryta bude na kótě 388,05 m n.m., dno usazovací nádrže bude na kótě 387,50 m n.m. Sklon břehů nádrže bude 1:3. Při předpokladu, že usazovací prostor výškově vymezuje rovina dna nádrže a rovina úrovně dna odpadního koryta, vychází celkový usazovací objem  $46 \text{ m}^3$ .

#### 4.2.1.7. Sdružený objekt

Vhodnějším bezpečnostním přelivem by byl bezesporu boční přeliv. Jelikož ale není dostatečně kapacitní koryto Líšenského potoka, je nutno jako bezpečnostní přeliv použít sdružený objekt, který bude převádět do střední vodoteče, kde při rozlití nehrozí devastace. Součástí sdruženého objektu je dřevěný dubový požerák se stejnými parametry jako u varianty 3.1.1- Tůň s napouštěcím rybníčkem. Přístup k požeráku z koruny hráze bude umožněn manipulační lávkou šířky 70 cm. Nosníky lávky jsou dva dřevěné profily 100x150 mm, podlaha lávky - fošny tl. 40 mm. Z bezpečnostního hlediska bude lávka opatřena zábradlím výšky 100 cm na obou stranách lávky. Dluže výšky 15 cm jsou z tvrdého dubového dřeva s háčky pro snadné vytahování. Neoprávněný přístup do požeráku bude zamezen masivní uzamykatelným dubovým poklopem. Výška požeráku ode dna bude 4 metry. Problém s požerákem může nastat na kontaktu vody a vzduchu, kde by požerák mohl hnít.

Řešením by byl požerák skládající se z jedné části trvale pod vodou, ode dna až cca 10 centimetrů pod hladinu normálního nadřžení (387,50 m n.m.), tzn. 3 metry výšky. Druhá část o výšce 1 metr by byla na první část nasazena.

#### 4.2.1.8. Úprava hydrologických dat pro návrh bezpečnostního přelivu

Je třeba se zamyslet na jakou hodnotu průtoku navrhovat bezpečnostní průtok. Jelikož zaměření situace, ze které vycházíme, je velmi hrubé, budeme si vystačit pouze odhadem. Kdybychom měli dobře zaměřené koryto potoka (ze kterého odebíráme vodu), spočetli bychom kapacitní průtok a vše, co by se do koryta nevešlo, se musí zákonitě přelévat do rybníka, jelikož druhý svah je strmý a stoupá mnohem výše. Odhadněme tedy kapacitu potoka na jednoletý průtok  $Q_1=2,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pokud budeme přeliv navrhovat na stoletou vodu  $Q_{100}$  v potoce, je rovno  $10,1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Znamená to tedy, že 100-letý průtok na přelivu bude  $Q_N=10,1-2,4=7,7 \text{ m}^3/\text{s}$ . Jelikož ale musíme počítat i se zvětšením velikosti povodí směrem k přelivu, navýšíme spočítanou hodnotu  $Q_N=7,7 \text{ m}^3/\text{s}$  o 15% na  $Q_N=8,9 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 4.2.1.9. Návrh bezpečnostního přelivu

Další součástí sdruženého objektu je bezpečnostní přeliv. Jako návrhová hodnota povodňového průtoku je brána  $Q_{100}=8,9 \text{ m}^3/\text{s}$  (viz část Úprava hydrologických dat).

Kapacita bezpečnostního přelivu se vypočítá dle rovnice

$$Q = 2/3 \times \mu_p \times b_o \times \sqrt{2 \times g} \times h^{3/2}$$

$\mu_p$ ...součinitel přepadu závislý na přepadové výšce  $h$

Dle Kramera [8] přeliv s kruhově zaoblenou korunou

$$\text{Kramer} \quad \mu_p = 1.02 - \frac{1.015}{\frac{h}{r} + 2.08} + \left[ 0.04 \cdot \left( \frac{h}{r} + 0.19 \right)^2 + 0.0223 \right] \cdot \frac{r}{s}$$

$b_o$ ...účinná šířka přelivu;  $b_o = b - 0.1 \times 4 \times \xi \times h$

$\xi$ ...součinitel tvaru vtoku, uvažujeme roven 1

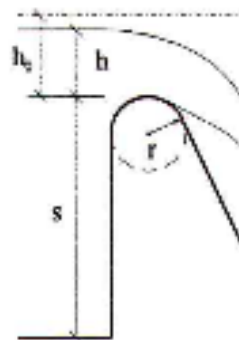
$r$ ...poloměr zaoblení přelivné plochy

$s$ ...hloubka terénu pod přelivnou hranou; uvažujeme jako průměrnou hodnotu v polovině přepadové hrany

Pozn. přítoková rychlost se zanedbává, proto  $h_0=0$

Tabulka 8 Vstupní data pro výpočet kapacity přelivu

b=	15	m
$\xi$ =	1	-
r=	0.2	m
s=	2.2	m



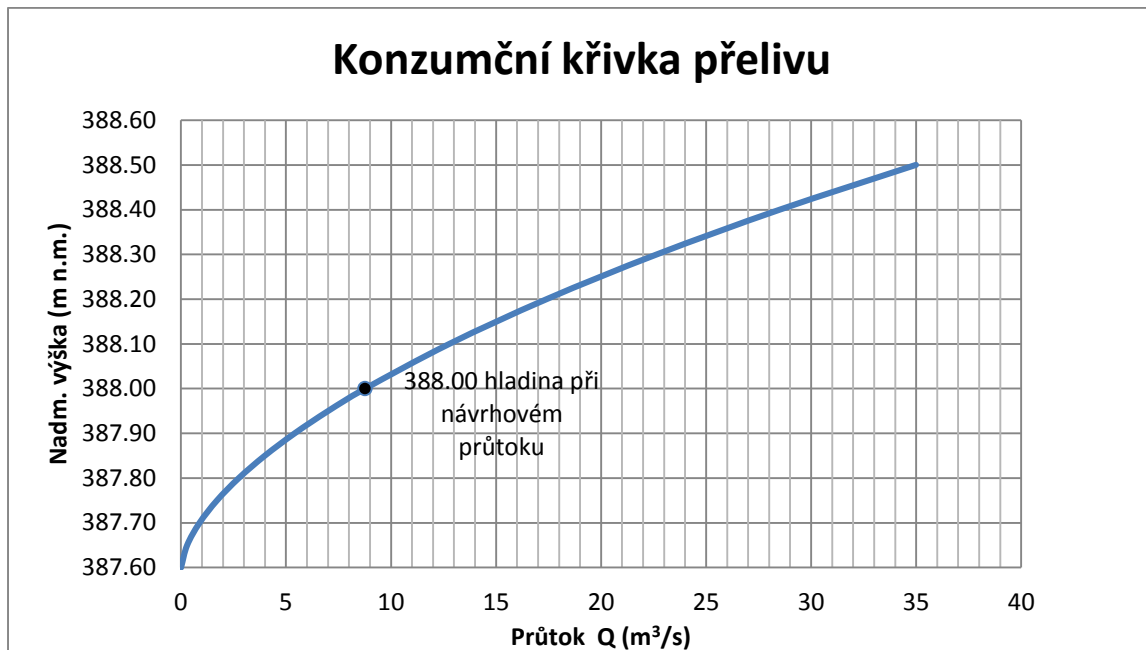
Obrázek 8 Schéma pro výpočet přepadu



Tabulka 9 Výpočet kapacity přelivu

H	h	bo	$\mu_p$	Q
[m n.m.]	[m]	[m]	[-]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
387.60	0.00	15.00	0.534	0.0
387.65	0.05	14.98	0.587	0.3
387.70	0.10	14.96	0.630	0.9
387.75	0.15	14.94	0.667	1.7
387.80	0.20	14.92	0.698	2.7
387.85	0.25	14.90	0.725	4.0
387.90	0.30	14.88	0.749	5.4
387.95	0.35	14.86	0.771	7.0
<b>388.00</b>	<b>0.40</b>	<b>14.84</b>	<b>0.791</b>	<b>8.8</b>
388.10	0.50	14.80	0.827	12.8
388.20	0.60	14.76	0.859	17.4
388.30	0.70	14.72	0.890	22.6
388.40	0.80	14.68	0.919	28.5
388.50	0.90	14.64	0.948	35.0

Pro  $Q_{100}=8,86 \text{ m}^3/\text{s}$  byla vypočtena délka přelivné hrany 15 m při výšce přepadového paprsku 40 cm na kótě  $H_{\max}=388 \text{ m n.m.}$  To znamená bezpečnostní navýšení ke koruně hráze 0,5 m. Navrhují přelivnou hranu o délce 15 m rozdělenou na 7,5 m na obě strany společného spadiště o šířce 3 m. Na spadiště bude navazovat skluz stejné šířky procházející hrází. Přes skluz bude zřízena dřevěná lávka o šířce 3 m na obou stranách opatřená zábradlím. Těleso přepadu bude ze žulových kamenů, které budou tvořit ztracené bednění, dovnitř se nalije vodostavební beton. Těleso bude mít stěny a přelivné hrany se sklonem 10:1 o šířce ve vrcholu 0,4 m, v patě 0,7 m. Přelivná plocha bude ze žulových otesaných půlkruhových kvádrů, tím zvýšíme součinitel přepadu  $\mu_p$  oproti přelivné ploše z hranatého příčného řezu, nevýhodou bude velká cena takto otesaných kvádrů.



Graf 3 Konzumční křivka přelivu

#### 4.2.1.10. Skluz a vývar

Voda přepadající do spadiště je dále odvedena korytem se značným sklonem 15% dále pod hráz. Pod hrází se počítá s vytvořením vývaru. Pro utlumení energie vody se prohloubení dna vývar, ve kterém se počítá s vytvořením vodního skoku. Návrh vývaru je pro  $Q_{100} = 8,86 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Nejdříve spočteme postupnou iterací první vzájemnou hloubku  $y_c$

$$y_c = \frac{q}{\varphi \times \sqrt{2 \times g \times (E - y_c)}} = \frac{\frac{8,86}{3}}{0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times (6,4 - y_c)}} = 0,341 \text{ m}$$

$q$ ...je průtok na 1 metr šířky [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

$\varphi$ ...je rychlostní součinitel [-]

$E$ ...je energie vodního proudu; součet rychlostní a geodetické výšky a součet ztrát [m]

-zjednodušeně předpokládáme jako rozdíl hladiny přepadajícího paprsku při  $Q_{100}$  a dna koryta při vtoku do vývaru

Nyní můžeme spočítat druhou vzájemnou hloubku

$$y_2 = \frac{y_c}{2} \times \left( \sqrt{1 + \frac{8 \times q^2}{g \times y_c^3}} - 1 \right) = \frac{0,341}{2} \times \left( \sqrt{1 + \frac{8 \times \left(\frac{8,86}{3}\right)^2}{9,81 \times 0,341^3}} - 1 \right) = 2,12 \text{ m}$$

$y_c$ ...první vzájemná hloubka [m]

$q$ ...je průtok na 1 metr šířky [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

Nyní navrhnu hloubku vývaru  $d$  tak, aby  $\sigma = \frac{y_a + d}{y_2}$  bylo v intervalu 1,05 až 1,1.

Za předpokladu, že terén území bude zatopený vrstvou 30 cm vody, bude hloubka dolní vody  $y_d = 0,8$  m, pak **hloubka vývaru  $d$  bude 1,5 m** a  $\sigma$  bude rovno 1,08, tudíž podmínka bude splněna.

Délka vývaru  $L_v$  v závislosti na poměru  $y_2/y_c$  uvádí Novák[9] jako  $L_v = K \cdot (y_2 - y_c)$

Pro náš poměr  $y_2/y_c = 6,29$  uvádí Novák součinitel  $K$  odpovídající 4,5. Čili délka našeho vývaru bude  $L_v = K \cdot (y_2 - y_c) = 4,5 \cdot (2,12 - 0,341) = 11,1$  m. Tudíž navrhuji délku vývaru 12 m, přičemž konec uzavíracího prahu navrhuji šikmý ve sklonu 1:3. Sklon stěn skluzu navrhuji 5:1. Na konci skluzu budou stěny zborcenou plochou navazovat na obdelníkové koryto se sklony svahů 1:2

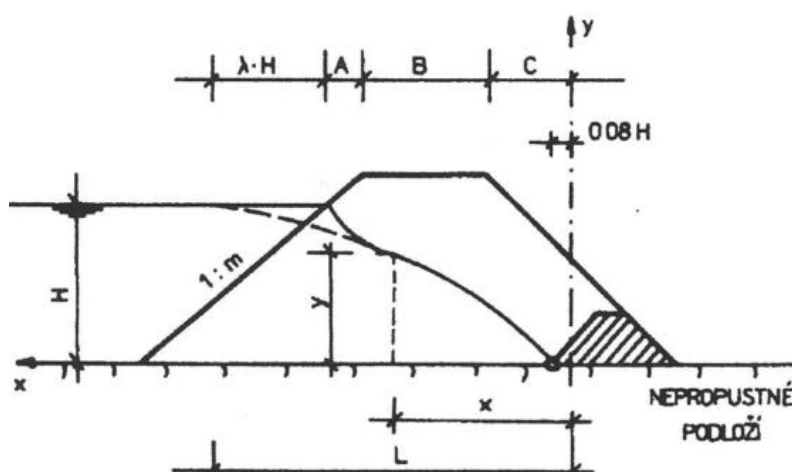
### Alternativa hluboké tůň

Možno by bylo také navrhnout namísto vývaru hlubokou tůň. Rozměry je možno odhadnout z předchozích výpočtů pro vývar. Navrhoval bych oválnou tůň hloubky 1,5 m, délky 15 m ve dně, šířky 3 m ve dně se sklony svahů 1:3.

#### 4.2.1.11. Průměrná roční bilance nádrže

Zjednodušeně budu předpokládat, že jediná voda přitékající do nádrže bude ta přitékající rozdělovacím objektem z Líšenského potoka. Ztráty vody budu uvažovat výpar z volné hladiny opravený o součinitel zohledňující transpiraci vodních rostlin, dále budu uvažovat ztrátu průsakem hrází. Kvůli nejasnému složení podloží se ztráta průsakem podloží zanedbá.

Nejdříve spočítám průsak hrází, předpokládám homogenní hráz na nepropustném podloží.



Obrázek 9 Schéma pro výpočet průsaku homogenní hráz na nepropustném podloží [10]

Specifický průtok na 1 metr délky hráze je  $q = K \times \frac{H^2}{2 \times L}$

K je součinitel hydraulické vodivosti zeminy, předpokládám hlinitou zeminu  $K=10^{-7}$  m/s

H je výška vody v nádrži

L je teoretická délka průsakové křivky  $L = \lambda \times H + A + B + C$

$\lambda = \frac{m}{1+2 \times m}$ , kde m je sklon návodního svahu roven

Průsak hrází se skládá z průsaku čelní hrází a průsaku hráze sousedící s Líšenským potokem.

Při průsak čelní hrází počítám s příčným řezem v nejhlubší části nádrže, který posléze přenásobím délkou čelní hráze. Při průsaku boční hrází počítám s příčným řezem zhruba v polovině délky hráze, průsak přenásobím délkou boční hráze. Poté oba průsaky sečtu.

Tabulka 10 Průsaky hrází

	řez čelní hrází	řez boční hrází	
H=	3.60	1.00	m
A=	3.15	3.15	m
B=	4.00	3.00	m
C=	9.29	4.08	m
$\lambda$ =	0.44	0.44	-
L=	18.01	6.28	m
q=	3.60E-08	7.96E-09	m <sup>3</sup> /s
L <sub>hr</sub> =	105	95	m
Q=	3.78E-06	7.56E-07	m <sup>3</sup> /s

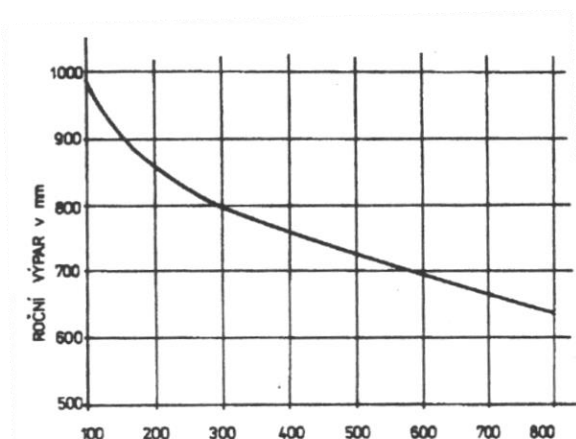
Průsak oběma hrázemi je tedy  $Q=3,78 \cdot 10^{-6} + 7,56 \cdot 10^{-7} = 4,5 \cdot 10^{-6}$  m<sup>3</sup>/s

Celkový průsak za rok je tedy  $V_{\text{průsak}} = Q \cdot T = 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 12 \cdot 30,5 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 142$  m<sup>3</sup>/rok

Nyní mohu spočítat ztrátu výparem z vodní hladiny. Zjednodušeně počítám dle grafu pro průměrné hodnoty ročního výparu z volné hladiny v závislosti na nadmořské výšce.

Pro plochu A zatopeného území, při hladině normálního nadržení 387,60 m n.m., rovnou 16470 m<sup>2</sup>, je předpokládán roční výpar V roven 765 mm.

Celkový výpar za rok vynásobený opravným součinitelem P= 1,07 je tedy  $V_{\text{výpar}} = A \cdot V \cdot P = 16470 \cdot 0,765 \cdot 1,07 = 13\,482$  m<sup>3</sup>/rok.



Obrázek 10 Graf ročního výparu v závislosti na nadmořské výšce [11]

Je tedy vidět, že průsak hrází 142 m<sup>3</sup>/rok je zhruba jedním procentem celkového ročního výparu, pokud tedy platí, že součinitel hydraulické vodivosti zeminy K je 10<sup>-7</sup> m/s.

Maximální možný přítok do nádrže je roven průměrnému přítoku  $Q_a=14,6$  l/s, zmenšený o minimální zůstatkový průtok uvažovaný jako  $Q_{\min}=Q_{330d}=3,7$  l/s, celkový přítok je tedy  $Q_p=Q_a-Q_{\min}=14,6-3,7$  l/s= $10,9$  l/s.

Celkový objem přítoku je tedy  $V_p=Q_p \cdot T=0,0109 \cdot 12 \cdot 30,5 \cdot 60 \cdot 60=344\,684$  m<sup>3</sup>

Celková roční bilance nádrže je tedy  $V_{bil}=V_p-V_{výpar}-V_{průsak}=344\,684-13\,482-142=331\,060$  m<sup>3</sup>, z toho vyplývá, že z nádrže bude průměrně odtékat  $Q_o=V_{bil}/T=331\,060/(12 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60)=10,47$  l/s, tudíž průměrná doba obměny vody v nádrži je  $T=V_{nádrže}/Q_o=10\,453/0,01047=11,5$  dne.

#### 4.1.1.8. Přístupové cesty

Předpokládá se vytvoření dvou typů cest. Jednak se bude jednat o cestu typově stejnou jako v předchozích variantách obcházející zátopy rybníku a napojující se na původní cestu procházející podél Líšenského potoka. Cesta bude mít délku 305 metrů. Druhý typ bude příjezdové cesta odbočující z cesty vedoucí na hranici území. Tento typ bude široký 3,5 metru a dlouhý 195 metrů. Cesta bude sloužit k dopravování sedimentu z usazovací nádrže (předzdrže), u usazovací nádrže bude vybudováno obratiště o poloměru 2,5 násobku šíře cesty. Příčný profil cesty se bude skládat ze spodní vrstvy šterkopísku o mocnosti 15 cm, nad ní vrstva šterkodrti mocnosti 20 cm a na povrchu vrstva drceného kameniva tl.10cm. Tato cesta by měla umožnit průjezd i větších nákladních vozidel.

#### 4.2.1.12 Orientační náklady

Ceny byly počítány podle soustavy ÚRS Praha 2010, ceny nezahrnují kácení, parkové úpravy a nejasné přesuny hmot. Kvůli těmto nákladům a vícepracím se výsledná cena vynásobila koeficientem 1,2. Celková cena je tedy 6,960 mil Kč bez DPH.

#### 4.2.1.11. Závěr a diskuze varianty

Největším problémem v této variantě je nutnost kácet mohutné stromy, zejména duby, na koruně hráze. Pokud by kácení nebylo možné, musela by se hráz nasypávat směrem do zátopy. Kácet se budou zejména stromy blízko mostku přes skluz, jelikož tam bude výše násypu až 1,5 metru. Stromy na obou podélných okrajích hráze by neměly vadit, a proto budou ponechány.

Součástí varianty by mělo být i upřesnění vegetačního doprovodu okolo zátopy, který by měl ale určit odborník na výsadby stromů a keřů.

Dalším problémem je určit, kolik vody bude napájecí stoka odbočená z Líšenského potoka odebírat. Jelikož situace není dostatečně podrobná, není možno tento problém vyřešit.

Samozřejmě by bylo možné nad rybníčkem umístit nějaké tůň, ale v tom případě by v území bylo příliš vodní plochy, z tohoto důvodu bude lepší plochu nad rybníkem pouze vhodně upravit a vhodně rozmístit keře a stromy. Rozmístění vegetace není součástí tohoto návrhu. Otázkou zůstává, zda plocha nad rybníkem nebude, i přes zřízení koryta střední vodoteče, dále podmáčená. V případě že ano, bylo by třeba vybudovat plošnou drenáž s poměrně malými rozchody jednotlivých drénů, kvůli jílovité půdě s malou propustností. Vhodnější by byla dvouetážová drenáž.

Nutné je vyřešit mezideponii vytěženého zeminy a jeho odvoz. Vzhledem k předpokládanému objemu vytěžené zeminy ( $4100 \text{ m}^3$ ), je vhodné zeminy nejdříve přirozeně odvodnit na mezideponii. Vytvoření mezideponie se předpokládá na ploše nad budoucí zátopou. Následný odvoz na blízka pole by probíhal cestou vedoucí na hranici území. Cesta je bohužel v některých místech úzká odhadem jen 3 metry, což může limitovat velikost technických prostředků pro odvoz odvodněné zeminy. Ekonomicky výhodnější by bylo vytěženou zeminu rovnou odvážet na pole bez odvodnění, ale z důvodu nasycení zeminy vodou, to zřejmě nebude možné.

#### 4.2.2 Varianta rybníku bez odtěžení sedimentu

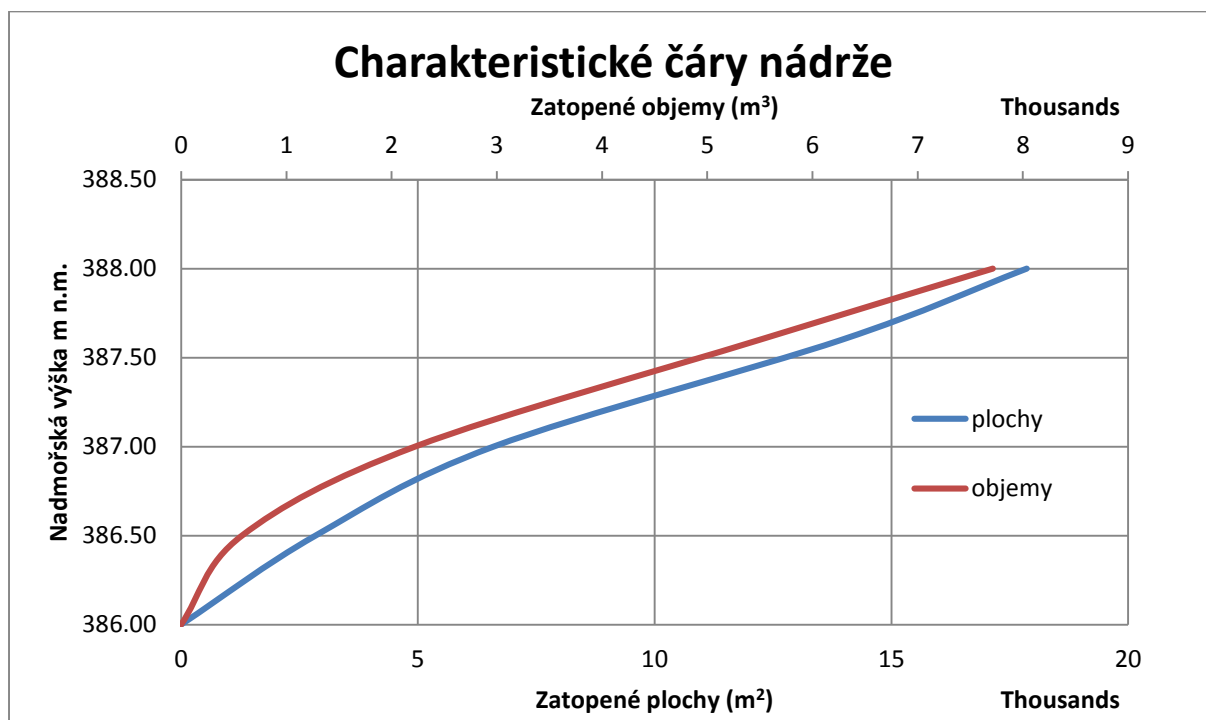
Je-li sediment závadný, je možno sediment ponechat na místě. Navrhují tedy variantu, která je kromě hloubení zátopy naprosto shodná s předchozí variantou.

##### 4.2.2.1. Charakteristické čáry nádrže

Tabulka 11 Charakteristické čáry nádrže

m n.m.	h (m)	S (m <sup>2</sup> )	V(m <sup>3</sup> )
386.00	2.00	0	0
386.50	1.50	2 840	579
387.00	1.00	6 600	2 223
387.60	0.40	13 950	5 497
388.00	0.00	17 860	7 713

Zatopené plochy byly změřeny ze situace v programu Autocad.



Graf 4 Charakteristické čáry nádrže

Při předpokladu hladiny na úrovni normálního nadržení 387,60 m n.m. a hloubky litorální části do 0,6 metru hloubky vody je podíl litorální plochy rybníka  $P = \frac{7350}{13950} = 52,7 \%$ .

**Kvůli obrovské litorální ploše není tato varianta vhodná, a proto nebude dále rozebírána.**

### 4.3. Varianta kombinace menšího rybníku a tůň

Pokud by nebylo možné vybudovat rybník s nadvýšením hráze, bylo by možné výšku stávající hráze využít k vybudování menšího rybníku a v části území nad rybníkem doplnit několika tůňmi.

#### 4.3.1. Menší rybník

##### 4.3.1.1 Hráz a zátopa

Tato varianta počítá s ponecháním výšky hráze, v nejnižší části shodná s kótou mostku 387,00 m n.m. Vykácí se pouze stromy, které budou bránit v úpravě návodního líce. Parametry filtrů i opevnění budou stejná jako ve variantě 4.2.1. Varianta částečné obnovy rybníka s odbahněním. Kvůli úspoře materiálu stačí filtry i opevnění na svahu návodního líce vytáhnout na kótu shodnou s korunou hráze, tzn. 387,00 m n.m. Abychom nevytvořily rybník s přílišnou litorální plochou je nutné dno částečně odbagrovat. V zátopě bude také vybudováno koryto sloužící k odvádění vody a odvodnění dna nádrže při vypuštění. Koryto bude mít dno široké metr, sklony svahů 1:3 a hloubku do 30 cm.

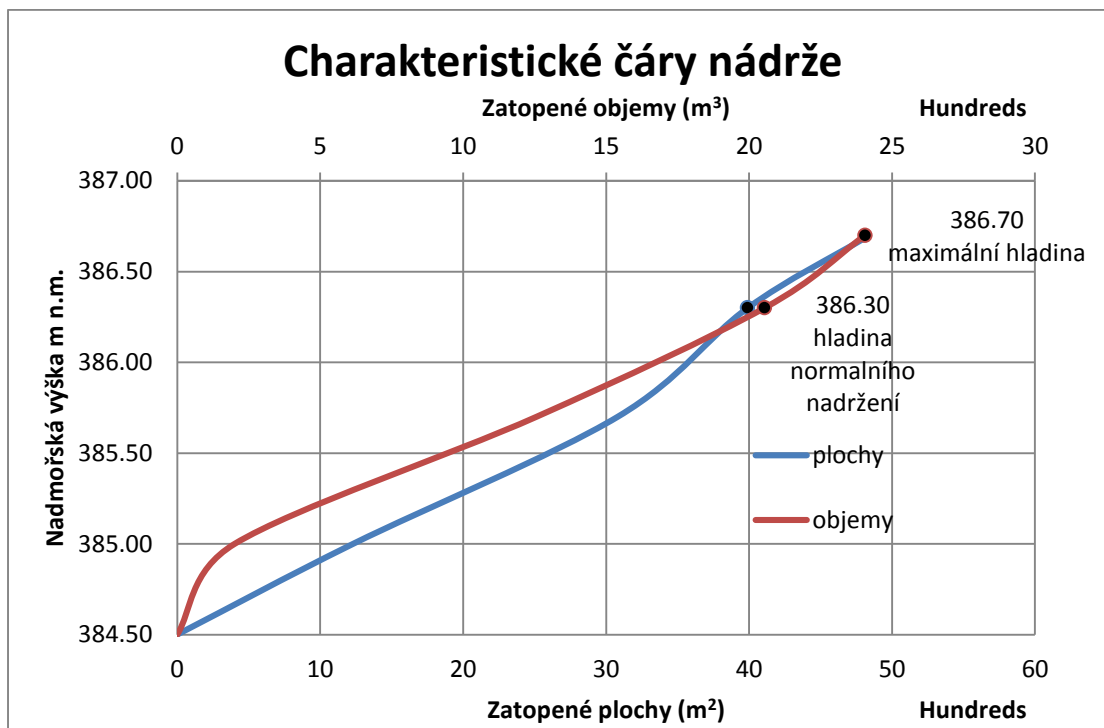
Hloubení zátopy se začne na kótě budoucí hladiny maximálního nadržení 386,70 m n.m., kde se ve sklonu 1:10 bude postupně svah svažovat až na kótu 385,70 m n.m. Směrem k hrázi se bude zátopa prohlubovat, u hráze až na kótu 384,50 m n.m. Celkový objem vytěžené zeminy ze zátopy rybníku se předpokládá cca 1100 m<sup>3</sup>. Je to sice jen čtvrtina množství oproti variantě 4.2.1, ale v případě závadného bahna by náklady na uložení na skládku byly stále vysoké. Bezpečnostní navýšení hráze v nejnižším místě koruny nad maximální hladinu 386,70 m n.m. je tedy 30 centimetrů.

##### 4.3.1.2. Charakteristické čáry nádrže

Tabulka 12 Charakteristické čáry nádrže

H	h	S	V
[m n.m.]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
384.50	2.20	0	0
385.00	1.70	1 230	201
385.70	1.00	3 080	1 256
386.30	0.40	3 990	2 054
386.70	0.00	4 840	2 406





Graf 5 Charakteristické čáry nádrže

Při předpokladu hladiny na úrovni normálního nadržení 346,30 m n.m. a hloubky litorální části do 0,6 metru hloubky vody, je podíl litorální plochy rybníka  $P = \frac{910}{3990} = 22,8 \%$ .

#### 4.3.1.3. Sdružený objekt

Sdružený skládající se z bezpečnostního přelivu a požeráku bude navrhován na stejné návrhové hodnoty jako u varianty 5.2.1. Varianta částečné obnovy rybníka s odbahněním. Změní se pouze kóta hrany bezpečnostního přelivu na 346,30 m n.m.

#### 4.3.1.4. Vývar a skluz

Díky nižší výšce přelivu je možno zmenšit parametry vývaru, snížíme tím náklady.

Voda přepadající do spadiště je dále odvedena korytem se značným sklonem 15% dále pod hráz. Pod hrází se počítá s vytvořením vývaru. Pro utlumení energie vody se prohloubení dna vývar, ve kterém se počítá s vytvořením vodního skoku. Návrh vývaru je pro  $Q_{100N} = 8,86 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Nejdříve spočteme postupnou iterací první vzájemnou hloubku  $y_c$

$$y_c = \frac{q}{\varphi \times \sqrt{2 \times g \times (E - y_c)}} = \frac{\frac{8,86}{3}}{0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times (4,9 - y_c)}} = 0,392 \text{ m}$$

$q$ ...je průtok na 1 metr šířky [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

$\varphi$ ...je rychlostní součinitel [-]

E...je energie vodního proudu; součet rychlostní a geodetické výšky a součet ztrát [m]

-zjednodušeně předpokládáme jako rozdíl hladiny přepadajícího paprsku při Q100N a dna koryta při vtoku do vývaru

Nyní můžeme spočítat druhou vzájemnou hloubku

$$y_2 = \frac{y_c}{2} \times \left( \sqrt{1 + \frac{8 \times q^2}{g \times y_c^3}} - 1 \right) = \frac{0,392}{2} \times \left( \sqrt{1 + \frac{8 \times \left(\frac{8,86}{3}\right)^2}{g \times 0,392^3}} - 1 \right) = 1,94 \text{ m}$$

yc...první vzájemná hloubka [m]

q...je průtok na 1 metr šířky [m²/s]

Nyní navrhnu hloubku vývaru d tak, aby  $\sigma = \frac{y_d + d}{y_2}$  bylo v intervalu 1,05 až 1,1.

Za předpokladu, že terén území bude zatopený vrstvou 30 cm vody, bude hloubka dolní vody  $y_d = 0,8$  m, pak **hloubka vývaru d bude 1,3 m** a  $\sigma$  bude rovno 1,08, tudíž podmínka bude splněna.

Délka vývaru  $L_v$  v závislosti na poměru  $y_2/y_c$  uvádí Novák[7] jako  $L_v = K \cdot (y_2 - y_c)$

Pro náš poměr  $y_2/y_c = 4,95$  uvádí Novák součinitel K odpovídající 5,0. Čili délka našeho vývaru bude  $L_v = K \cdot (y_2 - y_c) = 5,0 \cdot (1,94 - 0,392) = 11,7$  m. Tudíž navrhuji délku vývaru 12 metrů, přičemž konec uzavíracího prahu navrhuji šikmý ve sklonu 1:3.

### Alternativa hluboké tůně

Možno by bylo také navrhnout namísto vývaru hlubokou tůň. Rozměry je možno odhadnout z předchozích výpočtů pro vývar. Navrhoval bych oválnou tůň hloubky 1,3 metru, délky 15 metrů ve dně, šířky 3 metry ve dně se sklony svahů 1:3.

### 4.3.2. Tůň

Návrhem jsou stejné tůně jako ve variantě 5.2.1. Varianta částečné obnovy rybníka s odbahněním, vyjma tůně č. 5. Tůň č. 4 tedy bude odváděna přímo do rybníka terénním průlehem. Terénní průleh bude mít šířku ve dně 1 metr, hloubku 10 centimetrů, sklon svahů 1:3. Délka průlehu bude 45 metrů. Kapacitní průtok pro průměrnou drsnost svahů a dna  $n = 0,04$  a sklonem dna 1,2 % je  $Q_{kap} = 66$  l/s.

Způsob napájení by byl pravděpodobně přímo z potoka, jelikož vybudování napájecího rybníčka by byly další náklady (cca 550 tis. Kč), navíc podíl vodní plochy v úpravě je i bez napájecího rybníčka více než dostatečný.

#### **4.3.3. Přístupové cesty**

Cesty budou typově stejné jako variantách s tůňemi. Pouze délka se mírně zvětší na 470 m.

#### **4.3.4. Orientační náklady**

Ceny byly počítány podle soustavy ÚRS Praha 2010, ceny nezahrnují kácení, parkové úpravy a nejasné přesuny hmot. Kvůli těmto nákladům a vícepracím se výsledná cena vynásobila koeficientem 1,2. Celková cena je tedy 4,280 mil Kč bez DPH.

#### **4.3.5. Závěr a diskuze varianty**

Návrh menšího rybníku je výhodný zejména kvůli ponechání dubů na hrázi rybníka, problémy nastíněné v předchozích variantách, jako třeba otázka mezideponie, nedořešený rozdělovací objekt z Líšenského potoka a napájecí stoka je třeba dořešit v detailnějších studiích.

Nebyla řešena bilance nádrže, byla by výsledkově velmi podobná jako ve variantě s velkým rybníkem, samozřejmě výpar i průsak by byl menší.

## 5. Zhodnocení jednotlivých variant

Byly použity kritéria z části 3. Požadavky na využití území. Každému kritériu byla dána váha, váha 1 označuje zanedbatelné kritérium, váha 5 označuje kritérium s největším dopadem na případnou realizaci. Posléze se použila bodovací stupnice, kde nejvýhodnější ukazatel je ohodnocen 100 body, nejnevýhodnější 0 body.

Varianty:

- A. Tůň s napájecím rybníčkem
- B. Tůň s přímým odběrem z toku
- C. Částečná obnova rybníka
- D. Kombinace menšího rybníku a tůní

Kritéria:

- 1. Vodohospodářské kritérium
- 2. Biologicko-ekologické kritérium
- 3. Jednorázové náklady
- 4. Provozní náklady
- 5. Socioekonomické kritérium

Tabulka 13 Zhodnocení variant

Kritéria	Váha	Varianty								Nejlepší varianta
		A		B		C		D		
		Up	Uv	Up	Uv	Up	Uv	Up	Uv	
1	4	70	280	60	240	80	320	90	360	D
2	2	70	140	90	180	60	120	80	160	B
3	5	90	450	100	500	40	200	80	400	B
4	1	60	60	50	50	80	80	60	60	C
5	3	90	270	70	210	60	180	80	240	A
Užitnost v bodech		-	1200	-	1180	-	900	-	1220	-

Pozn. Up = prostá užitnost, Uv = vážená užitnost

Vodohospodářskému kritériu byla dána váha 4, po jednorázových nákladech největší. Nejvíce bodů (90) bylo dáno variantě D, jelikož kromě vhodného využití stávající hráze menším rybníkem, malé tůň nad rybníkem vhodně doplňuje území, zároveň při nižších vodních stavech budou území mírně odvodňovat. Nejméně bodů (60) obdržela varianta tůní s přímým odběrem z toku kvůli obavám z přerušovaného napájení vodou při déletrvajícím suchu, což může způsobit nadměrné vysychání tůní, což pro lokalitu blízko zámku není úplně vhodné.

Biologicko-ekologickému kritériu byla dána váha 2, kritérium tedy není natolik významné. Nejvíce bodů (90) obdržela varianta tůní s přímým odběrem z potoka, jelikož je nejbližší přirozenému stavu občasnému vysychání tůní a malé průtočnosti soustavy.

Kritériu jednorázových nákladů byla dána váha 5, jelikož cena variant bude pravděpodobně alfa a omega výběru variant. Nejvíce bodů (100) obdržela varianta tůní s přímým odběrem z potoka, jelikož cena varianty je zhruba 40% nákladů varianty částečné obnovy rybníka.

Kritérium provozních nákladů je téměř zanedbatelné, proto má váhu 1. Nejvíce body (80) byla ohodnocena varianta částečné obnovy nádrže, u které se předpokládají malé provozní náklady, pouze občasné vysekávání rákosu v litorálu nádrže a bagrování usazovací nádrže. Nejméně bodů (50) obdržela varianta tůní s přímým napájením z toku, kvůli odstraňování nevhodných, zejména rychle rostoucích rostlin z tůní.

Socioekonomické kritérium má váhu 3. Nejvíce bodů (90) obdržela varianta tůní s napájecím rybníčkem, jelikož se předpokládá, že tato varianta by pro návštěvníky byla zajímavější, než varianty s rybníky, kterých je v okolí poměrně mnoho a tudíž nejsou tolik zajímavé.

Nejvíce bodů 1220 dosáhla varianta kombinace menšího rybníku a tůní, která kromě tůní vhodně využívá hráze bývalého rybníka.

## 6. Závěr

Cílem práce bylo navrhnout, popsat a ohodnotit jednotlivé varianty využití území. Celkem byly navrženy tři typy úpravy území – typ úpravy s tůňmi, typ obnovení menšího rybníku a kombinace malé rybníku a tůní. Původně se počítalo i s variantou rybníka bez odbahnění, ale po změření charakteristických čar nádrže byla vypočítána příliš velká litorální plocha (více než polovina zátopy), a tím pádem se s touto variantou nadále neuvažovalo.

Jelikož se tato studie zabývala spíše celkovou koncepcí, nebyly dořešeny některé problémy:

- Detaily rozdělovacích objektů kvůli nepřesnosti zaměření terénu
- Výsadby a parkové úpravy a celkové doupravení terénu
- Objem a složení přineseného sedimentu z povodí
- Složení vytěženého bahna (zeminy)

Otázkou také zůstává, zda a případně je možné zasypat současné odvodňovací kanály, jelikož v nich často rostou stromy. Tedy zda by zasypání do určité výše kmenu nezpůsobilo nevratné škody na stromech. Tyto problémy musí vyřešit dendrolog.

Další otázkou je, jak se změní odtokové poměry území. Tůně jsou výhodné, jelikož budou území drénovat a bude do nich téci povrchový odtok při větších srážkách. Bohužel není možno dopředu říci, zda budou stačit k odvedení přebytečné vody ze stále podmáčeného území. Pokud by jejich vybudování nestačilo, bylo by nutno vybudovat drenážní systémy v stále podmáčených místech a drény svést do tůní. Vhodné pro odvedení vody by byla také modelace terénu nadbytečným výkopkem tak, aby terén mírně svažoval do tůní nebo do terénních průlehů spojující jednotlivé tůně. V případě varianty s rybníkem by bylo pravděpodobně nutné území nad rybníkem také drénovat, i když střední vodoteč, která se nyní rozlévá do území, by byla svedena vytvořeným korytem do rybníka.

Dalším větším úskalím byl kompromis při navrhování tůní, kde bylo nutné skloubit technický přístup, který předpokládal vybudování spíše hlubokých tůní (pod nezámrznou hloubku), s příkrými svahy a přístup přírodně blízkým který předpokládal tůně spíše mělké, vysychavé, s velmi pozvolnými svahy ve svahu jen 1:20,1:30. Tůně v situaci se mírně přiklání k techničtějšímu řešení, zejména kvůli skutečnosti, že se lokalita nachází u zámku, tudíž není možné v lokalitě vytvořit mokřad. Podobný kompromis nastal i v případě budování rybníku, kde litorální plochy byly mírně navýšeny, v případě varianty 4.2.1. Varianta částečné obnovy rybníka s odbahněním, až na 26%, vytvořením litorální plošiny v zátopě. Samozřejmě je možné diskutovat zmenšení této plochy, pokud bychom tuto plochu zcela vynechali, litorální oblast by se v nádrži zmenšila na polovinu. Větší litorální plocha zvětší množství habitatů,

zejména pro vodní flóru i pro drobnou vodní faunu, na druhou stranu pravděpodobně bude zarůstat rákosem, který může hlavně v létě snižovat kyslíkovou bilanci nádrže, z tohoto důvodu jej bude nutno vysekávat (stejně jako v případě tůní – viz 4.1.1.7. Výsadba dřevin a péče o tůně). To znamená určité provozní náklady navíc.

Při navrhování objektů bezpečnostního přelivu a skluzu, u variant s rybníkem, bylo bráno na zřetel estetické hledisko, ve zdech se předpokládají kameny použité jako ztracené bednění a uvnitř zdi betonová výplň. Takovéto zdi by neměly působit rušivě. Také dřevěný dubový požerák byl navrhnut s ohledem na jistou estetičnost. Detaily skluzu a přelivu nebyly řešeny, stejně jako posouzení zdi na překlopení a posunutí, posouzení dna skluzu na prolomení atd.

Zhodnocením variant se došlo k závěru, že nejlepší je varianta kombinace tůní a menšího rybníku, v těsném závěsu se umístily varianty s tůněmi. Nejhuře dopadla varianta velkého rybníku, zejména kvůli velkým nákladům, bezmála 7 milionů Kč bez DPH. Problém při zhodnocení může být jistá subjektivnost při přidělení váhy jednotlivým kritériím, i subjektivnost při obodování kritérií.

Do výpočtu nákladů nebylo započítáno kácení stromů, jelikož v současnosti v areálu probíhá kácení a tudíž nelze určit, které stromy jsou již odstraněny a které nikoliv. Navíc v případě nutnosti kácet, by se vytěžené dřevo mohlo nabídnout k odkoupení třetím osobám a tím pádem by se náklady a příjmy pravděpodobně vyrovnaly. Do nákladů by se tedy muselo napočítat zřejmě jen odstranění pařezů. Financování výstavby by vzhledem k výši nákladů, by z větší části bylo nutno financovat z dotací Operačního programu životní prostředí (OPŽP).

Na úplný závěr je nutno dodat, že předkládané varianty jsou spíše výsledkem vodohospodářského řešení území. Předkládané varianty by bylo nutno dále doplnit o prostorově vhodně umístěnou vegetaci, u které by byla respektována skladba druhů. Dále pak by území bylo vhodné řešit více komplexně společně s úpravou části území pod hrází bývalého rybníka. Toto komplexní řešení společně s řešením detailů by bylo nutno řešit v mnohem rozsáhlejší práci typu diplomové práce.



## 7. Literatura a zdroje informací

- [1] LUSK, Stanislav. *Migrační prostupnost: migrační prostupnost drobných vodních toků a bystřin*. Hradec Králové: Lesy České republiky, c2011. ISBN 9788086945163.
- [2] Město Votice- Přírodní park Džbány- Žebrák [online]. [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.mesto-votice.cz/prirodni-park-dzbany-zebrak/d-9729/p1=15400>
- [3] ČSN 75 1400. *Hydrologické údaje povrchových vod*. Praha: Český normalizační institut, 2014. 16 s. Třídící znak 751400.
- [4,5] Zavadil V., Sádlo J. & Vojar J.(Eds.) (2011). *Biotopy našich obojživelníků a jejich management*. Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha. ISBN 978-80-87457-18-4
- [6] MAREŠ, Karel. *Úpravy toků: Navrhování koryt*. 2. vyd. Praha: ČVUT, 1997. ISBN 8001009033.
- [7] JUST, Tomáš. Malé vodní nádrže a mokřady z pohledu ochrany přírody a krajiny [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.jamiprojekt.cz/sites/default/files/mokradky.pdf>
- [8,9] KOLÁŘ, Václav, Cyril PATOČKA a Jiří BÉM. *Hydraulika*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1983.
- [10,11] VRÁNA, Karel a Jan BERAN. *Rybníky a účelové nádrže*. Vyd. 3. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 9788001040027.

## 8. Seznam obrázků

Obr. 2 Vodoteč protékající střední částí .....	2
Obr. 2 Silně znečištěný počáteční zdroj vodoteče procházející střední částí území .....	2
Obr. 3 Jedna z možných migračních překážek na Líšenském potoce .....	4
Obr. 4 Západní (spodní) část nad rybníkem Pod Sladovnou, foceno ze svahu od zámku .....	5
Obr. 5 Pohled proti vodě na Líšenský potok na okraji území .....	8
Obr. 6 Pohled z mostku bývalé hráze proti vodě .....	18
Obr. 7 Schéma výpočtu hloubky výmolu .....	20
Obr. 8 Schéma pro výpočet přepadu .....	25
Obr. 9 Schéma pro výpočet průsaku homogenní hrází na nepropustném podloží .....	28
Obr. 10 Roční výpar v závislosti na nadmořské výšce .....	28

## 9. Seznam tabulek

Tabulka 5 Tabulka m-denních průtoků.....	5
Tabulka 6 Tabulka N-letých průtoků .....	5
Tabulka 7 Tabulka upravených m-denních průtoků .....	7
Tabulka 8 Tabulka upravených N-letých průtoků.....	7
Tabulka 5 Kapacita průlehu .....	9
Tabulka 6 Hlavní parametry tůní při hladině normálního nadržení .....	12
Tabulka 7 Charakteristické čáry nádrže.....	22
Tabulka 8 Vstupní data pro výpočet kapacity přelivu .....	25
Tabulka 9 Výpočet kapacity přelivu.....	25
Tabulka 10 Charakteristické čáry nádrže.....	31
Tabulka 11 Charakteristické čáry nádrže .....	32
Tabulka 12 Zhodnocení variant .....	36

## 10. Seznam grafů

Graf 4 Konzumní křivka průlehu .....	9
Graf 5 Charakteristické čáry nádrže .....	23
Graf 6 Konzumní křivka přelivu.....	26
Graf 4 Charakteristické čáry nádrže .....	31
Graf 5 Charakteristické čáry nádrže .....	33

## **Seznam příloh**

Příloha 1 – Situace tůní a rybníčků s větším napájecím rybníčkem

Příloha 2 – Situace a rybníčků napájených odběrem z potoka

Příloha 3 – Situace částečné obnovy rybníka s odbahněním

Příloha 4 – Situace kombinace menšího rybníku a tůní

Příloha 5 – Orientační náklady jednotlivých variant